

Penilaian Dampak dan Risiko Perubahan Iklim Sektor Pertanian Kabupaten Subang

*Climatic Driven Agricultural Management Strategies: Strengthening
Community Resilience to Climate Change (CAMS-CRCC)*

Final

**DEPARTEMEN GEOFISIKA DAN METEOROLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2017**

Daftar Isi

Daftar Isi.....	1
Daftar Gambar	3
Daftar Tabel	4
Daftar Lampiran	4
1. Pendahuluan	5
1.1. Relevansi	5
1.2. Pendekatan Umum	6
1.3. Tujuan	7
2. Definisi Istilah.....	7
3. Lokasi Kegiatan dan Batasan Kajian.....	8
3.1. Lokasi Kegiatan.....	8
3.2. Batasan kajian	8
4. Data, Metodologi dan Prosedur.....	9
4.1. Data.....	9
4.2. Metodologi dan Prosedur	9
4.2.1. Penyusunan Peta Bahaya Terkait Iklim.....	9
4.2.2. Penyusunan Peta Kerentanan dan Risiko Iklim terkait Pertanian pada Kondisi Baseline dan Masa Depan	10
4.2.3. Penyusunan Informasi Dampak Perubahan Iklim terhadap Produksi Padi dan <i>Supply-Demand</i> Komoditas Pangan.....	12
4.2.4. Analisis Bahaya terkait Iklim, Kerentanan dan Risiko Iklim serta Dampak terkait Pertanian.....	14
5. Hasil dan Pembahasan	14
5.1. Bahaya Terkait Iklim.....	14
5.2. Aspek Penyusun Komponen Rantai Pasokan Pangan (Supply Chain).....	14
5.3. Seleksi, Definisi dan Pemilihan Indikator Penyusun Rantai Pasokan Pangan.....	15
5.4. Penilaian Setiap Komponen Kerentanan	16
5.5. Menemukanali Faktor Berkontribusi dalam Kerentanan	19
5.6. Tingkat Risiko terkait Iklim Sektor Pertanian pada Kondisi Baseline dan Masa Depan.....	20
5.7. Dampak Perubahan Iklim terhadap Produksi Padi dan <i>Supply-Demand</i> Komoditas Pangan.....	22
5.7.1. Dampak Perubahan Iklim terhadap Produksi Pertanian.....	22
5.7.2. Model Simulasi Tanaman.....	22
5.7.3. Kalibrasi model AQUACROP.....	24
5.7.4. Evaluasi keragaman Iklim.....	27
5.7.5. Dampak Keragaman Iklim terhadap produksi padi.....	29
5.7.6. Dampak perubahan iklim pada produksi	33

5.7.7.	Distribusi Air pada Setiap Klaster Iklim untuk Optimalisasi Produksi Pertanian	35
5.7.8.	Supply – Demand Komoditas Pertanian	36
5.8.	Ketidakpastian.....	38
6.	Tantangan dan saran.....	38
6.1.	Pengembangan dari hasil kajian	38
6.2.	Pengembangan terhadap metodologi	38
	Daftar Pustaka.....	40
	Lampiran	42

Final

Daftar Gambar

Gambar 1	Peta administrasi Kabupaten Subang sebagai lokasi studi.....	8
Gambar 2	Langkah-langkah pengolahan kajian	9
Gambar 3	Konsep model tingkat kerentanan berdasarkan Model IPCC & Perka BNPB 02/2012	10
Gambar 4	Kompilasi berita kejadian Bencana Banjir dan Kekeringan di Kabupaten Subang Tahun 2012 – 2015	Error! Bookmark not defined.
Gambar 5	Hasil pemetaan bahaya kekeringan wilayah Kabupaten Subang serta perbandingannya dengan peta Kekeringan InaRisk (BNPB 2017) dan hasil pemetaan survei lapang.	Error! Bookmark not defined.
Gambar 6	Pemetaan wilayah tingkat potensi rawan bencana kekeringan di Kabupaten Subang tahun baseline (1971 – 2000) dan proyeksi 2030 (2021-2050).	Error! Bookmark not defined.
Gambar 7	Jumlah penggunaan data dan informasi penyusun indikator	16
Gambar 8	Hasil pemetaan tingkat kerentanan sektor pertanian Kabupaten Subang (n =253 desa).....	17
Gambar 9	Rekapitulasi desa pada berbagai tingkat kerentanan di Kabupaten Subang (n =253 desa)	18
Gambar 10	Persentase kategori setiap komponen (n =253 desa)	18
Gambar 11	Identifikasi faktor berkontribusi terhadap keterpaparan dan kerentanan di Kabupaten Subang (n =253 desa).....	20
Gambar 12	Risiko terkait iklim (kekeringan) baseline (1970 – 2000) dan risiko proyeksi periode 2030 (2021-2050) di Kabupaten Subang.....	21
Gambar 13	Diagram alur perhitungan pertumbuhan dan perkembangan tanaman pada Aquacrop	24
Gambar 14	Ilustrasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang digunakan dalam parameterisasi model.....	25
Gambar 15	Perbandingan output model dengan observasi sebelum proses kalibrasi.	26
Gambar 16	Perbandingan output model dengan observasi setelah proses kalibrasi.....	27
Gambar 17	Peta regionalisasi iklim dengan 7 klaster. Sumber : Olahan data CHIRPS tahun 1981 – 2010.....	28
Gambar 18	Grafik sebaran curah hujan bulanan pada masing-masing cluster.	28
Gambar 19	Identifikasi tahun untuk masing-masing kondisi iklim.	29
Gambar 20	Curah hujan pada masing-masing keragaman iklim (kondisi normal, El Nino dan La Nina).	30
Gambar 21	Pola curah hujan untuk masing-masing kondisi Normal, El Nino dan La Nina.....	31
Gambar 22	Estimasi produksi berdasarkan perubahan tanggal tanam pada kondisi Normal, El Nino, La Nina.	31
Gambar 23	Potensi produksi berdasarkan perubahan tanggal tanam pada kondisi Normal.....	32
Gambar 24	Potensi produksi berdasarkan perubahan tanggal tanam pada kondisi El Nino.....	32
Gambar 25	Potensi produksi berdasarkan perubahan tanggal tanam pada kondisi La Nina.....	33
Gambar 26	Hasil produksi pertanian pada tiga variabilitas iklim (El Nino, Normal dan Lanina) pada periode baseline dan saat kejadian.....	33
Gambar 27	Delta maksimum dan minimum perubahan curah hujan tahun 2021-2050.....	34
Gambar 28	Proyeksi produksi berdasarkan dasarian tanam pada periode baseline (ton/ha)	35
Gambar 29	Proyeksi produksi berdasarkan dasarian tanam pada periode 2021-2050 (ton/ha)	35
Gambar 30	Grafik jumlah kebutuhan air pada berbagai periode tanam.....	36
Gambar 31	Presentase antara kebutuhan dan produksi padi di Kabupaten Subang	37
Gambar 32	Produktivitas tanaman padi (ton/ha) pada 2 musim tanam di tahun 2050.....	37

Daftar Tabel

Tabel 1	Kriteria Indeks Tingkat Kerentanan	12
Tabel 2	Parameter yang digunakan dalam simulasi tanaman menggunakan aquacrop.....	24
Tabel 3	Hasil kalibrasi untuk penentuan parameter tanaman.....	26
Tabel 4	Informasi parameter tanam untuk model simulasi Aquacrop	26

Daftar Lampiran

Lampiran 1	Daftar Indikator agropolitan beserta pembobotannya. Sumber: Perdinan et al. 2016...	42
Lampiran 2	Data hasil survei kejadian bencana terkait iklim dan dampaknya pada sektor pertanian di Kabupaten Subang. Sumber: Hasil survei Tim tanggal 7 – 11 Maret 2017 di Kabupaten Subang.....	44
Lampiran 3	Data kejadian bencana terkait iklim di Kabupaten Subang berdasarkan media/berita. Sumber: Kompilasi dari berbagai berita selama 10 tahun terakhir. Sumber: Perdinan et al. 2016.....	44
Lampiran 4	Hasil survei menggunakan form online.....	46
Lampiran 5	Dokumentasi survei dengan petani lokal.....	47

Final

1. Pendahuluan

1.1. Relevansi

Pertanian merupakan sektor penting dalam menjamin keberlanjutan kehidupan manusia di muka bumi melalui fungsinya dalam penyediaan makanan untuk dikonsumsi. Pertanian harus menjadi salah satu pilar ekonomi desa yang dapat meningkatkan taraf hidup dan kesejahteraan masyarakat. Kabupaten Subang merupakan salah satu sentra produksi pertanian di Jawa Barat. Sebagai daerah sentra, pemerintah daerah Subang menyadari potensi pertanian dalam memainkan peran yang sangat strategis dalam memperkuat keberlanjutan pembangunan. Namun, pembangunan sektor pertanian ini menghadapi tantangan utama berupa risiko perubahan iklim dan dampaknya pada sektor pertanian tersebut.

Pada kajian sebelumnya, diperoleh informasi mengenai karakteristik iklim (profil iklim) dan proyeksinya serta kaitannya antara faktor iklim tersebut dan kondisi biofisik wilayah terhadap produksi pertanian. Kabupaten Subang merupakan daerah bertipe iklim monsun. Berdasarkan variasi tipe iklim yang disebutkan pada kajian sebelumnya, secara umum iklim yang paling sesuai dengan sentra produksi padi adalah B2 (Tipe Oldeman), dimana tanaman padi memungkinkan untuk panen dua kali setahun dengan varietas umur pendek. Namun, sebagian tipe iklim tidak menunjukkan dukungan untuk tanaman padi seperti tipe E3 yang menunjukkan daerah kurang hujan. Selain itu, kondisi biofisik wilayah yang membentang dari pesisir utara (pantura) hingga perbukitan semakin menambah kapasitas daerah sebagai wilayah sentra produksi. Faktor iklim dan biofisik merupakan salah satu faktor utama yang berkaitan dengan pertanian. Oleh karena itu, perubahan iklim menjadi tantangan utama yang perlu dihadapi.

Perubahan iklim yang terjadi secara global menjadi masalah serius yang mempengaruhi berbagai sektor dan wilayah terutama Subang sebagai sentra pertanian. Dampaknya yang sangat luas telah merubah paradigma kita dalam melihat masalah perubahan iklim yang tidak hanya sebatas masalah lingkungan tapi juga mempengaruhi kehidupan aspek sosial (Barnett 2010). Beberapa studi (Fischer, Shah et al. 2005, Parry, Rosenzweig et al. 2005, Mendelsohn, Dinar et al. 2006, Cline 2007) menyebutkan bahwa kerentanan produktivitas pertanian terjadi secara global dan buruk terhadap produksi tanaman pangan khususnya di negara-negara berkembang termasuk Indonesia. Seiring perkembangan populasi dan upaya pembangunan infrastruktur menyebabkan kebutuhan akan konsumsi masyarakat tidak diimbangi produksi pertanian. Selain itu, upaya pembangunan infrastruktur memaksa pengikisan lahan pertanian. Kondisi ini akan semakin diperparah apabila keadaan sosial ekonomi masyarakat dalam manajemen pertanian kurang memadai terutama sarana prasarana maupun pembangunan SDM pada aspek rantai pasokan pangan (*Supply Chain*). Keadaan ini akan berpotensi pada tingginya tingkat kerentanan pertanian dan risiko perubahan iklim serta dampaknya menjadi semakin buruk.

Kondisi di atas memaparkan bahwa variabilitas dan perubahan iklim memiliki dampak terhadap sektor pertanian terutama pada pemenuhan kebutuhan pangan masyarakat Indonesia. Kecenderungan peningkatan temperatur secara global yang berimplikasi pada peningkatan frekuensi kejadian iklim ekstrim, perubahan tata guna lahan pertanian atau konversi, buruknya kondisi sosial ekonomi wilayah dan sarana prasana pertanian akan semakin berdampak buruk pada sektor pertanian. Oleh karena itu, untuk mengantisipasi risiko dan dampak variabilitas dan perubahan iklim pada sektor ini diperlukan pengembangan metode kajian risiko dan dampak perubahan iklim pada wilayah sentra-sentra produksi pertanian. Pengembangan metode kajian risiko perubahan iklim yang dilakukan dalam penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi indikator yang berkontribusi dan dampak dari perubahan iklim global terhadap kondisi iklim wilayah kajian. Luaran dampak perubahan iklim tersebut dapat dipergunakan sebagai acuan dalam penyusunan opsi adaptasi dan prioritas program adaptasi perubahan iklim dalam rangka meningkatkan daya lenting (resiliensi) petani dan pengambil kebijakan di wilayah sentra produksi pertanian.

1.2. Pendekatan Umum

Perubahan iklim memberikan dampak pada berbagai sektor di Kabupaten Subang. Sebagai wilayah sentra pertanian, Kabupaten Subang lebih konsen menganalisis potensi perubahan iklim pada sektor pertanian tersebut khususnya padi. Pada kajian ini, analisis potensi tersebut atau yang lebih dikenal dengan analisis risiko juga dilakukan analisis dampak khususnya pada ketersediaan dan distribusi air untuk pertanian.

Dalam analisis risiko, poin utama yang akan dilakukan adalah analisis bahaya dan kerentanan. Sesuai pendekatan yang dikeluarkan oleh IPCC melalui AR-5 (IPCC 2014), SIDIK KLHK dan Perka BNPB 02/2012, risiko bencana terkait iklim (R) merupakan fungsi dari ancaman bencana (hazard; H), kerentanan (vulnerability; V) dan keterpaparan (exposure; E). Analisis potensi kejadian bahaya dilakukan dengan menyusun model pemetaan potensi wilayah kejadian bencana terkait iklim, yaitu: kekeringan. Sementara, analisis peta kerentanan memperhitungkan tiga komponen utama yaitu keterpaparan, sensitivitas dan kapasitas adaptasi. Ketiga komponen tersebut disusun berdasarkan indikator terkait pertanian. Setelah diperoleh hasil analisis bahaya terkait iklim (kekeringan) dan kerentanan, langkah berikutnya dilakukan perhitungan risiko iklim.

Perhitungan risiko iklim terhadap kejadian bencana diturunkan oleh fungsi bahaya, kerentanan dan keterpaparan. Konsep penilaian risiko dijelaskan bahwa $R=H*V*E$, secara matematik risiko dapat dihitung dengan persamaan $R = 1/3(H+V+E)$ atau $R = \sqrt[3]{H*V*E}$. Perhitungan tersebut dilakukan dengan memberikan bobot sama besar pada ketiga komponen. Selanjutnya hasil perhitungan diinterpretasi kedalam sistem indeks. Hasil analisis bahaya dan kerentanan (risiko) dapat menjadi salah satu acuan dalam penyusunan strategi adaptasi berikutnya. Hal ini karena hasil analisis tersebut dapat mengeluarkan informasi dimana lokasi (desa) prioritas yang harus dilakukan upaya adaptasinya dan apa saja indikator utama yang perlu dibenahi sehingga upaya adaptasi yang akan dilakukan dapat lebih efisien dan tepat sasaran.

Pada analisis dampak perubahan iklim difokuskan pada alokasi sumberdaya air. Alokasi sumberdaya air merupakan suatu upaya untuk mengoptimalkan "nilai" dari sumberdaya air secara keseluruhan. Dalam penelitian ini, nilai yang dimaksud dalam alokasi sumberdaya air adalah meminimalkan perbedaan antara kebutuhan air untuk suatu pengguna dengan jumlah air yang mampu dialokasikan untuk pengguna tersebut. Mengingat kompleksitas sistem dan interaksi antara kebutuhan dan ketersediaan air, manajemen alokasi air skala besar akan berguna bagi para pengambil keputusan ketika merumuskan strategi pengelolaan air untuk mengatasi perubahan iklim di masa depan mengenai kebutuhan air (Chung et al. 2008). *Water Evaluation And Planning* (WEAP) yang dikembangkan oleh Stockholm Enviromental Institute (SEI) digunakan untuk membantu proses alokasi sumberdaya air kepada pengguna ((Yates et al. 2005); (DR et al. 2007); (SEI 2008)). WEAP merupakan model untuk pengelolaan sumberdaya air yang memperkenalkan konsep prioritas pada penyedia dan pengguna dengan menggunakan program linear untuk menyelesaikan permasalahan alokasi sebagai substitusi dari pendekatan multi-kriteria berbobot yang umum digunakan. WEAP juga mampu membantu pengelola sumberdaya air untuk melakukan analisis berdasarkan skenario termasuk didalamnya variabilitas iklim, perubahan iklim, perubahan kondisi DAS, perubahan permintaan dan pengguna, ekosistem dan juga peraturan perundangan menyangkut perubahan pola perilaku ketersediaan dan permintaan sumberdaya air akibat perubahan infrastruktur pendukung ((P et al. 1992); (Yates et al. 2005); (DR et al. 2007)).

Selain kedua analisis di atas, analisis tambahan berupa hasil *supply demand* juga dilakukan pada kajian ini. Analisis ini untuk menunjukkan seberapa besar produksi dan kebutuhan pangan di wilayah tertentu. Apakah tercukupi atau perlu dilakukan upaya distribusi dari wilayah lain. Analisis ini mempertimbangkan jumlah produksi padi yang dihasilkan disuatu wilayah dengan konsumsi perkapita di wilayah tersebut berdasarkan jumlah penduduknya.

1.3. Tujuan

Penyusunan kajian Penilaian Dampak dan Risiko Perubahan Iklim Sektor Pertanian Kabupaten Subang bertujuan untuk memperoleh informasi bahaya terkait iklim yang dapat mengancam pertanian di Kabupaten Subang sekaligus memetakan kondisi sosial ekonomi masyarakat dari aspek rantai pasokan pangan (Padi). Hasil yang ingin dicapai adalah diperoleh informasi mengenai risiko perubahan iklim dan dampaknya yang dapat berpengaruh terhadap pertanian. Informasi tersebut selanjutnya akan dijadikan dasar dalam pemilihan prioritas lokasi intervensi dan prioritas indikator target dalam upaya adaptasi perubahan iklim pada sektor pertanian.

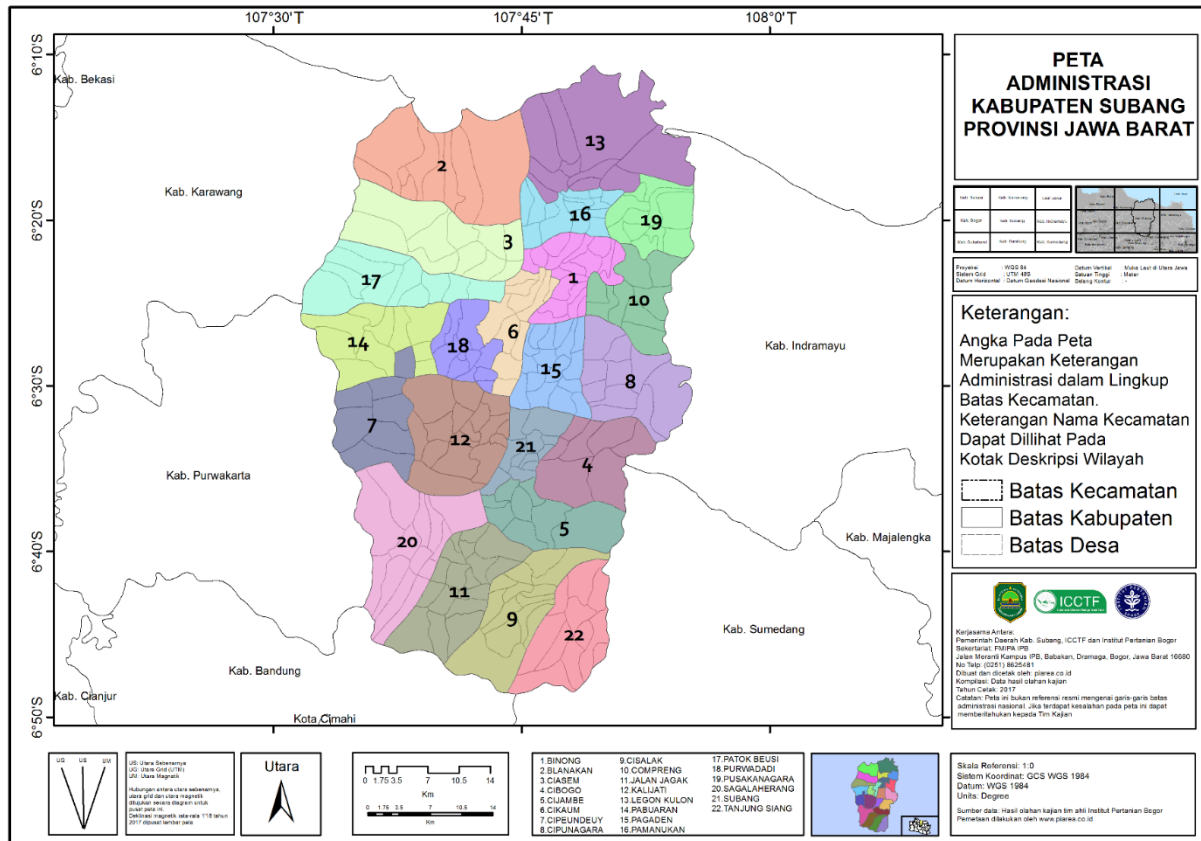
2. Definisi Istilah

Pertanian	:	Pemanfaatan sumberdaya hayati dan radiasi matahari oleh manusia untuk menghasilkan makanan, bahan baku industry/sumber energi
Petani	:	Seseorang atau masyarakat bekerja sebagai petani
Produktivitas	:	Istilah dalam kegiatan produksi sebagai perbandingan antara luaran (output/hasil panen) dengan masukan (input/luasan tanam)
Produksi	:	Banyaknya produk usaha tani yang diperoleh dalam rentang waktu tertentu
Bahaya (<i>Hazard</i>)	:	suatu kejadian atau peristiwa yang berpotensi mengakibatkan kerusakan, kehilangan jiwa manusia, atau kerusakan lingkungan
Kapasitas Adaptasi	:	Kemampuan dari suatu sistem untuk melakukan penyesuaian (<i>adjust</i>) terhadap perubahan iklim sehingga potensi dampak negatif dapat dikurangi dan dampak positif dapat dimaksimalkan
Kerawanan	:	Karakter fisik dari kondisi suatu wilayah yang rentan terhadap bencana tertentu
Kerentanan	:	Derajat atau tingkat kemudahan suatu sistem terkena atau ketidakmampuannya untuk menghadapi dampak buruk dari perubahan iklim, termasuk keragaman iklim dan iklim ekstrim.
Keterpaparan	:	Keberadaan manusia, mata pencaharian, spesies/ekosistem, fungsi lingkungan hidup, jasa, dan sumber daya, infrastruktur, atau aset ekonomi, sosial, dan budaya di wilayah atau lokasi yang dapat mengalami dampak negatif sebagai dampak perubahan iklim.
Sensitivitas	:	Tingkatan atau derajat dimana suatu sistem dipengaruhi atau responsif terhadap rangsangan perubahan iklim.
Risiko terkait Iklim	:	Fungsi dari ancaman bencana (<i>hazard; H</i>), kerentanan (<i>vulnerability; V</i>) dan keterpaparan (<i>exposure; E</i>). Potensi dampak negatif yang mungkin timbul akibat suatu potensi bencana yang melanda.
Suplai (Supply) Pangan	:	Pemberian atau pemindahan suatu produk atau jasa dari suatu pemasok kepada pelanggannya
Permintaan (<i>Demand</i>) Pangan	:	ungkapan keinginan dan kemampuan pembeli atau pelanggan untuk memperoleh jumlah tertentu dari suatu produk atau jasa dalam berbagai kemungkinan harga yang pembeli atau pelanggan mungkin dapat tawarkan
Rantai Suplai Pangan	:	Sebuah sistem terkoordinasi yang terdiri atas organisasi, sumber daya manusia, aktivitas, informasi, dan sumber-sumber daya lainnya yang terlibat secara bersama-sama dalam memindahkan suatu produk atau jasa baik dalam bentuk fisik maupun virtual dari suatu pemasok kepada pelanggan.

3. Lokasi Kegiatan dan Batasan Kajian

3.1. Lokasi Kegiatan

Kabupaten Subang adalah wilayah di Provinsi Jawa Barat yang terletak di 107°31' – 107°54' Bujur Timur dan 6°1' – 6°49' Lintang Selatan dengan luas wilayah sebesar 205.176 Ha. Kabupaten Subang merupakan salah satu sentra produksi pertanian di Jawa Barat. Daerah-daerah sentra produksi pertanian di Subang adalah Patok Beusi (17), Ciasem (3) dan Tambakdahan (Kecamatan hasil pemekaran) dengan produksi mencapai lebih dari 80 Ribu ton pada 2015 (Kecamatan Dalam Angka Kabupaten Subang BPS, 2016). Di bawah ini adalah gambar peta administrasi Kabupaten Subang.



Gambar 1 Peta administrasi Kabupaten Subang sebagai lokasi studi.

3.2. Batasan kajian

Ruang lingkup analisis risiko dan dampak dilakukan dengan basis desa namun analisis antara komponen bahaya dan kerentanan memiliki pendekatan yang berbeda. Komponen bahaya menggunakan pendekatan grid dalam analisis sedangkan komponen kerentanan menggunakan pendekatan administrasi. Perbedaan tersebut menimbulkan kemungkinan hasil visualisasi yang berbeda dalam satu desa sehingga hasil luaran tersebut dijadikan pertimbangan dalam penyusunan strategi adaptasi tiap desa berdasarkan hasil rentang hasil tingkat risiko. Hasil analisis risiko juga mempertimbangkan informasi proyeksi iklim masa depan pada periode 2030 (selang tahun 2021-2050). Sementara analisis dampak tidak terbatas administrasi, namun dalam visualisasikan dijadikan dalam bentuk administrasi level desa. Untuk analisis *supply demand* disusun dalam bentuk administrasi level desa berdasarkan produksi dan kebutuhan pangan penduduk tiap desa tersebut. Tingkat kerentanan disusun dengan baseline tahun 2014, sedangkan proyeksi iklim untuk penyusunan komponen bahaya disusun mengikuti output laporan sebelumnya yaitu 1980 – 2010.

4. Data, Metodologi dan Prosedur

4.1. Data

Peta bahaya iklim disusun dengan pendekatan bahaya banjir dan kekeringan. Setiap bahaya memiliki data pembangun masing-masing. Namun secara umum, peta bahaya disusun berdasarkan informasi iklim dan lahan (biofisik). Peta bahaya banjir disusun dengan menggunakan data diantaranya Curah Hujan Tahunan (mm/tahun), Curah Hujan Bulanan Musim Hujan (mm/musim), Curah Hujan Bulanan Maksimum Musim Hujan (mm/bulan), Dataran Aluvial, Pantai, Dataran (Slope), Proporsi ruang terbuka hijau (RTH), Penggunaan Lahan dan proporsi panjang sungai. Sementara untuk bahaya kekeringan disusun berdasarkan data Curah Hujan Tahunan (mm/tahun), Curah Hujan Bulanan Musim Kemarau (mm/musim), Curah Hujan Bulanan Minimum Musim Kemarau (mm/bulan), ETP Tahunan (mm/tahun), ETP selama Musim Kemarau (mm/musim), ETP Bulanan Maksimum Musim Kemarau (mm/bulan), Frekuensi Deret Hari Kering, Deret Hari Kering Maksimum, Dataran Aluvial, Pantai, Dataran (Slope), Proporsi ruang terbuka hijau (vegetasi) dan Penggunaan Lahan.

Penyusunan peta kerentanan dan keterpaparan dilakukan berdasarkan perhitungan tingkat kerentanan dan keterpaparan wilayah. Tingkat kerentanan dan keterpaparan dinilai dengan menggunakan data dan informasi sosial-ekonomi. Oleh karena itu, pemilihan data untuk setiap indikator ditentukan berdasarkan ketersediaan data hingga level desa. Data BPS menjadi sumber utama penggunaan data dalam kajian ini. Diantaranya adalah BPS dalam angka 2015 setiap Kecamatan di Kabupaten Subang, Sensus Penduduk 2010, Survei Potensi Desa 2014 dan Sensus Pertanian 2013. Tahun baseline ditetapkan pada 2014. Data produksi dan konsumsi pangan juga diambil dari data tersebut untuk analisis *supply demand* wilayah. Komponen kebutuhan data untuk kegiatan penilaian risiko dan dampak perubahan iklim telah dijabarkan oleh (Perdinan, Atmaja et al. 2016).

4.2. Metodologi dan Prosedur

Secara umum penelitian ini dilakukan dalam enam tahap utama yaitu persiapan data, koleksi, verifikasi, pengolahan, analisis data iklim dan yang terakhir adalah visualisasi hasil proyeksi tersebut. Tahap persiapan dilakukan melalui studi literatur dan mendaftar berbagai data yang diperlukan, sehingga tahap berikutnya adalah koleksi yang dilanjutkan dengan verifikasi datanya. Tahapan pengolahan merupakan tahap utama dimana data karakteristik fisik, data pertanian dan data iklim diolah dan kemudian dianalisis interelasi ketiga komponen utama tersebut. Tahap visualisasi dilakukan dengan menggunakan sistem informasi geografi untuk memetakan hasil analisis kedalam wilayah kajian.



Gambar 2 Langkah-langkah pengolahan kajian

4.2.1. Penyusunan Peta Bahaya Terkait Iklim

Pengembangan penyusunan model potensi wilayah bahaya terkait iklim bertujuan melakukan pemetaan ancaman bencana dengan masukan informasi perubahan iklim untuk memperoleh informasi dampak terhadap kejadian bencana kekeringan. Pemetaan kebencanaan melalui pemanfaatan informasi perubahan iklim diharapkan dapat digunakan dalam perencanaan dan kebijakan ditingkat pembangunan daerah dengan pertimbangan kondisi iklim *baseline* dan proyeksi.

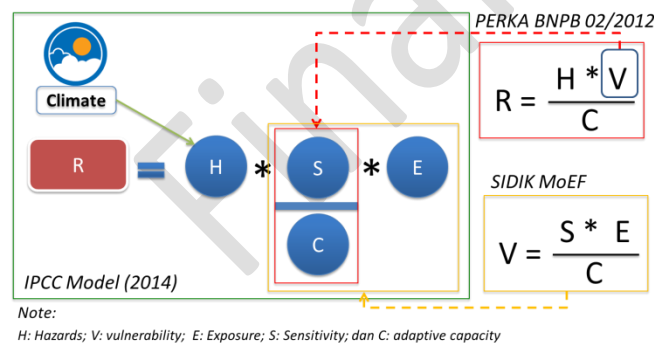
Pengembangan model potensi wilayah rawan bencana (model bahaya) terkait iklim dilakukan melalui pendekatan sistem informasi geografis. Model yang disusun akan menunjukkan tingkat

bahaya dalam lingkup spasial suatu wilayah pada sektor pertanian dengan menggunakan pendekatan metode dinamik (pemanfaatan model-model simulasi) dan metode empiris (pemanfaatan hasil analisis empiris berdasarkan data sekunder). Penyusunan model bahaya dengan tujuan memasukkan informasi iklim dilakukan dengan mengidentifikasi faktor-faktor iklim yang mempengaruhi kejadian bencana dalam lingkup kegiatan ini (bencana hidrometeorologis yang terdiri dari banjir dan kekeringan). Faktor iklim yang banyak diperhatikan dalam bencana hidrometeorologis adalah curah hujan dan suhu udara.

Model disusun dengan tujuan mensimulasikan interaksi antara faktor-faktor iklim dengan faktor lainnya seperti biofisik wilayah. Kelebihan pendekatan ini adalah kemampuan untuk mensimulasikan perubahan luasan dampak (luasan daerah genangan/wilayah terdampak) berdasarkan masukan-masukan yang diperlukan model. Dengan demikian masukan model terutama faktor iklim dapat memberikan arahan faktor-faktor iklim yang perlu diperhatikan dalam penyusunan model bahaya. Identifikasi bahaya terkait iklim di Kabupaten Subang pada intinya menggunakan komponen iklim dan biofisik wilayah. Berikut ini adalah indikator-indikator pada komponen bahaya dan kategorisasi serta kelas dan skoringnya untuk masing-masing indikator tersebut. Informasi iklim dan lahan untuk estimasi indeks ancaman banjir dan kekeringan merefer pada Laporan (Perdinan and Sofyan 2015) dengan dimodifikasi pada ambang batas.

4.2.2. Penyusunan Peta Kerentanan dan Risiko Iklim terkait Pertanian pada Kondisi Baseline dan Masa Depan

Dengan mengadopsi pendekatan yang dikeluarkan oleh IPCC melalui AR-5 (IPCC, 2014), SIDIK KLHK dan Perka BNPB 02/2012, risiko bencana terkait iklim (R) merupakan fungsi dari ancaman bencana (hazard; H), kerentanan (vulnerability; V) dan keterpaparan (exposure; E).



Gambar 3 Konsep model tingkat kerentanan berdasarkan Model IPCC & Perka BNPB 02/2012

Dalam laporan ini, akan didiskusikan mengenai penilaian risiko iklim sektor pertanian di Kabupaten Subang. Berdasarkan studi yang dilakukan Perdinan *et al.* (2016) dalam kajian risiko iklim di sektor pertanian, komponen penyusun tingkat kerentanan (baik komponen keterpaparan dan kerentanan) disusun berdasarkan keempat aspek rantai suplai pangan. Sebagai satu kesatuan model kerentanan rantai suplai pangan nasional disusun oleh beberapa indikator dengan **aspek utama berupa produksi, pasca panen dan penyimpanan, distribusi dan konsumsi**. Setiap aspek tersebut tersusun dari komponen pendukung masing-masing. Merujuk pada berbagai dampak akibat perubahan iklim, maka menjadi penting untuk diperhatikan dalam penyusunan tingkat kerentanan pertanian ini berdasarkan keempat aspek di atas dengan mempertimbangkan persoalan utama berupa dampak perubahan iklim. Setelah dilakukan identifikasi indikator penyusun setiap aspek, langkah berikutnya adalah melakukan seleksi setiap indikator pada masing-masing aspek kedalam komponen tingkat kerentanan (sensitivitas dan kapasitas adaptasi) serta keterpaparan. Untuk memudahkan alur pikir dalam penyusunan komponen dan indikator tingkat kerentanan ini maka penyusunan indikator menyesuaikan dengan konsep penyusunan indikator tingkat kerentanan oleh Perdinan *et al.* (2016).

Untuk memudahkan analisis maka dalam penyusunan tingkat kerentanan dan bahaya ini disusun sistem kategorisasi. Sebelum kategorisasi dilakukan, perlu dilakukan normalisasi. Langkah normalisasi bertujuan untuk menyetarakan nilai variabel agar dapat dikalkulasikan dengan variabel lain yang telah dinormalisasi juga. Penyetaraan nilai memiliki selang 0 – 1 sehingga nilai hasil normalisasi akan berada pada rentang nilai selang tersebut. Jika nilai indikator sudah dalam bentuk selang 0 – 1 maka indikator tersebut tidak perlu dilakukan normalisasi. Dalam kajian ini, teknik normalisasi yang digunakan adalah **Teknik Normalisasi Median** (Perdinan *et al.* 2015). Setelah seluruh nilai variabel dan normalisasinya didapatkan, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai gabungan antar variabel yang telah dinormalisasi menjadi sub indikator di setiap komponen.

Penggunaan rentang nilai yang sama untuk mengukur setiap komponen tingkat kerentanan diperlukan sebagai standarisasi nilai dan mempermudah analisis. Setiap komponen memiliki rentang nilai 0 – 1. Selanjutnya, dilakukan kategorisasi komponen kerentanan berdasarkan nilai/indeks. Klasifikasi dilakukan dengan membagi secara proporsional nilai tingkat kerentanan (0-1) menjadi lima kelas seperti yang dijelaskan pada tabel berikut.

Final

Tabel 1 Kriteria Indeks Tingkat Kerentanan

Nilai Komponen	Pewarnaan Keterpaparan; Sensitivitas dan Kerentanan	Pewarnaan Kapasitas Adaptasi
0.0 – 0.2	Sangat Rendah (SR)	Sangat Rendah (SR)
0.2 – 0.4	Rendah (R)	Rendah (R)
0.4 – 0.6	Sedang (S)	Sedang (S)
0.6 – 0.8	Tinggi (T)	Tinggi (T)
0.8 – 1.0	Sangat Tinggi (ST)	Sangat Tinggi (ST)

4.2.3. Penyusunan Informasi Dampak Perubahan Iklim terhadap Produksi Padi dan Supply-Demand Komoditas Pangan

Penyusunan informasi dampak perubahan iklim terhadap produksi padi disusun menggunakan pendekatan pemodelan pertumbuhan dan perkembangan tanaman dengan faktor iklim sebagai input utama. Pemodelan adalah suatu penyederhanaan dari sistem. Sebagai suatu penyederhanaan, tidak semua komponen dalam sistem dapat direpresentasikan dalam suatu model. Demikian juga halnya dengan model tanaman. Ada beberapa komponen yang tidak dimasukkan dalam perhitungan di dalam model. Untuk komponen yang tidak masuk dalam perhitungan dalam model diberikan nilai optimum dalam perhitungannya.

Model simulasi tanaman menghitung hubungan antar parameter tanaman dengan proses-proses fisiologi serta kaitannya dengan kondisi lingkungan (iklim, tanah dan kondisi sumberdaya air). Dengan mensimulasikan proses tersebut, pertumbuhan dan perkembangan tanaman diestimasi untuk dapat mensimulasikan hasil produksi tanaman. Secara umum model tanaman dipengaruhi oleh faktor seperti karbon, radiasi dan sumberdaya air. Radiasi berfungsi mempengaruhi proses evapotranspirasi tanaman, karbon berfungsi dalam proses pembentukan biomassa dan air sebagai katalisator dalam menghubungkan kedua proses tersebut.

Dalam pemodelan tanaman dengan aquacrop memerlukan data berupa data iklim, tanah, irigasi, management dan informasi terkait tanaman. Data iklim diperoleh dari analisis yang dilakukan pada bagian sebelumnya. Data iklim diambil dari data TRMM. Informasi iklim tersebut kemudian diklasifikasikan berdasarkan variabilitas iklim dan dikelompokkan dalam 7 kelompok yaitu Normal, El Nino (lemah, sedang, kuat) dan La Nina (lemah, sedang, kuat). Data tersebut juga dianalisis secara spasial untuk menghasilkan data dan informasi iklim pada setiap lokasi di wilayah kajian. Hal ini berfungsi sebagai input untuk model simulasi tanaman karena model simulasi tanaman memerlukan data dan informasi lokasi titik. Untuk menghasilkan data spasial digunakan pendekatan interpolasi.

Data iklim yang diperlukan adalah curah hujan, suhu dan evapotranspirasi. Untuk data curah hujan diperoleh dari data TRMM demikian juga halnya dengan data suhu. Sedangkan untuk data evapotranspirasi diperoleh dengan menggunakan pendekatan FAO Penman Montheith dengan menggunakan persamaan berikut:

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

keterangan :

- ET_o = Evapotranspirasi acuan(mm/hari),
- Rn = Radiasi netto pada permukaan tanaman (MJ/m²/hari),
- G = Kerapatan panas terus-menerus pada tanah (MJ/m²/hari),
- T = Temperatur harian rata-rata pada ketinggian 2 m (°C),
- u₂ = Kecepatan angin pada ketinggian 2 m (m/s),

- e_s = Tekanan uap jenuh (kPa),
- e_a = Tekanan uap aktual (kPa),
- Δ = Kurva kemiringan tekanan uap (kPa/°C),
- γ = Konstanta psychrometric (kPa/°C).

Evapotranspirasi acuan (ET_o) adalah besarnya evapotranspirasi dari tanaman hipotetik (teoritis) yaitu dengan ciri ketinggian 12 cm, tahanan dedaunan yang ditetapkan sebesar 70 det/m dan albedo (pantulan radiasi) sebesar 0.23, mirip dengan evapotranspirasi dari tanaman rumput hijau yang luas dengan ketinggian seragam, tumbuh subur, menutup tanah seluruhnya dan tidak kekurangan air. Persamaan FAO Penman-Monteith adalah representasi sederhana dari faktor fisik dan fisiologis yang mengatur proses evapotranspirasi (FAO 1990). Persamaan ini dapat dengan mudah digunakan untuk membandingkan evapotranspirasi pada periode tahun tahun atau daerah yang berbeda, serta evapotranspirasi untuk tanaman tertentu.

Untuk data curah hujan diperoleh dari data TRMM dengan resolusi data 0.25 derajat x 0.25 derajat. Data ini diperoleh dari reanalisis dari berbagai data citra untuk memperoleh data curah hujan. Data ini juga telah dilakukan kalibrasi dengan menggunakan data dari stasiun pengamatan.

Untuk data tanah diperoleh dari data informasi tanah yang dikeluarkan oleh FAO soil information system. Seperti yang dijelaskan bahwa Aquacrop menggunakan minimum informasi dengan menggunakan hanya lima klas jenis tanah sehingga informasi yang diperoleh dai FAO tersebut sebelumnya dilakukan reklasifikasi untuk mendapatkan jenis tanah yang sesuai dengan kebutuhan data dari Aquacrop. Jenis kelas yang digunakan mengacu pada kelas untuk klasifikasi tanah yang dikeluarkan oleh USDA.

Informasi terkait dengan jenis tanaman pada kajian ini menggunakan tanaman padi. Parameter untuk tanaman padi diperoleh dari data yang terdapat dalam aplikasi. Namun sebelum digunakan untuk analisis lanjutan, informasi tersebut dianalisis dengan melakukan proses kalibrasi dengan menggunakan informasi dan data lapangan. Informasi terkait tanaman yang diperlukan adalah parameter tanaman seperti parameter tentang pertumbuhan dan perkembangan, transpirasi, produksi biomassa, yield, dan respon terhadap air dan suhu. Untuk melengkapi informasi tersebut diperlukan juga informasi seperti penologi tanaman, kerapatan pertanaman, kedalaman perakaran, dan respon tanaman terhadap kondisi tanah.

Aquacrop menggunakan dua kategori parameter untuk tanaman yaitu parameter konstan (conservative) dan non konstan (non conservative). Parameter yang bersifat konstan akan sama untuk semua kondisi termasuk juga pada pengaruh krisis air. Sedangkan parameter non konstan maka nilai parameternya mengikuti kondisi lingkungan tempat tumbuh tanaman tersebut. Dalam kajian ini kedua jenis parameter tersebut digunakan namun menggunakan parameter yang sudah tersedia pada aplikasi yang kemudian dilakukan proses kalibrasi untuk menyesuaikan dengan kondisi lapangan.

Untuk informasi *demand* diperoleh dari data statistik dari Badan Pusat Statistik (BPS) terkait dengan jumlah konsumsi untuk tanaman padi. Jumlah konsumsi tersebut kemudian diagregasi untuk mendapatkan jumlah konsumsi total dari wilayah kajian. Asumsi yang digunakan adalah bahwa konsumsi yang dilakukan oleh masyarakat wilayah kajian *disupply* oleh wilayah setempat.

Hasil dari produksi dengan menggunakan pemodelan dan konsumsi yang diperoleh dari data lapang dan diestimasi menggunakan informasi jumlah penduduk digunakan untuk analisis *supply demand* produksi padi di wilayah kajian. *Supply demand analysis* menitikberatkan pada pasokan pangan yang dikonsumsi untuk memperoleh informasi kemungkinan adanya kekurangan pangan pada periode tertentu. Hasilnya dalam bentuk tabel neraca *supply demand* produksi untuk kondisi saat ini dan juga periode yang akan datang.

4.2.4. Analisis Bahaya terkait Iklim, Kerentanan dan Risiko Iklim serta Dampak terkait Pertanian

Analisis bahaya terkait iklim, kerentanan serta risiko dan dampaknya terhadap pertanian dianalisis dengan menggunakan data informasi iklim yang diperoleh pada tahap sebelumnya. Hasil dari kajian terkait iklim tersebut sudah tercantum pada laporan ke dua yang juga merupakan bagian dari laporan keseluruhan dari kegiatan ini. Dalam laporan ke empat, bagian ini akan menjelaskan bagaimana informasi tersebut digunakan untuk mengevaluasi dampak perubahan dari iklim dan juga keragaman iklim berpengaruh pada produksi pertanian.

Pada analisis bahaya terkait iklim, informasi yang didapatkan adalah berapa banyak wilayah yang memiliki ancaman bahaya terkait iklim. Pada kajian ini bahaya difokuskan pada kekeringan pertanian. Informasi berikutnya adalah indeks bahaya kekeringan untuk masing-masing kecamatan terutama kecamatan sentra produksi padi yang akan menjadi bahasan berikutnya.

Setelah memahami apa bahaya yang mengancam Kabupaten Subang dan berapa rentang indeks bahaya tersebut di setiap kecamatan, berikutnya adalah memahami bagaimana kondisi sosial ekonomi masyarakat. Untuk bagian ini dilakukan melalui analisis kerentanan. Tingkat kerentanan menunjukkan derajat wilayah dalam menghadapi dampak perubahan iklim baik melalui kondisi fisik maupun sosial masyarakat di wilayah tersebut. Informasi dari analisis kerentanan yang diambil adalah indikator apa yang berkontribusi terhadap nilai kerentanan tinggi dan berapa nilai indeks. Mengetahui faktor dan nilai indeks indikator yang berkontribusi dapat memberikan gambaran bahwa indikator tersebutlah yang perlu diberikan prioritas penanganan dan solusi adaptasi.

Kedua informasi tingkat bahaya dan kerentanan ini disusun menjadi informasi risiko terkait iklim. Informasi ini memberikan gambaran potensi dampak yang dapat terjadi di Kabupaten Subang baik kondisi saat ini ataupun masa depan. Berikutnya adalah informasi mengenai dampak terkait iklim. Pada bagian ini dianalisis secara lebih spesifik bagaimana dampak perubahan iklim pada berbagai model dan klaster yang ada di Subang terkait sumberdaya airnya. Setelah seluruh informasi diatas didapatkan, selanjutnya dikoleksi menjadi satu kesatuan untuk analisis adaptasi pada bagian berikutnya.

5. Hasil dan Pembahasan

5.1. Bahaya Terkait Iklim

Penyusunan peta model potensi wilayah rawan bencana dilakukan dengan metode indeks yang dibangun dari indikator Iklim dan Biofisik wilayah. Penggunaan metode Indeks dilakukan untuk melihat tingkat potensi bahaya dalam skala spasial yang luas dengan mengelompokkan nilai tertentu ke dalam setiap kelas yang sama. Indeks yang digunakan memiliki rentang nilai antara 0 (Sangat Rendah) hingga 1 (sangat tinggi). Indeks penilaian dibagi menjadi 5 kelas yaitu nilai 0.0-0.2 (Sangat Rendah), nilai 0.21-0.40 (Rendah), nilai 0.41-0.60 (Sedang), nilai 0.61-0.80 (Tinggi) dan nilai 0.81-1.00 (Sangat Tinggi). Pemilihan indikator disesuaikan dengan faktor yang berkontribusi pada kemiringan yang memiliki dampak signifikan khusus dibidang pertanian.

5.2. Aspek Penyusun Komponen Rantai Pasokan Pangan (Supply Chain)

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Perdinan *et al.* (2016) terkait penyusunan indikator kerentanan pada sentra produksi pertanian yang dilakukan di Garut dan Indramayu dalam kaitannya dengan dampak perubahan iklim, diperoleh informasi bahwa penyusunan indikator kerentanan mempertimbangkan aspek jaringan pasok pangan (*supply chain*). Pengembangan kajian indikator kerentanan pada sentra produksi pertanian dimaksudkan untuk mengidentifikasi indikator yang berkontribusi pada rantai suplai pangan (Perdinan *et al.* 2016). Upaya penyusunan indikator kerentanan tanaman pangan ini akan dijadikan sebagai bahan pertimbangan sebagai acuan dalam penyusunan pilihan opsi adaptasi dan prioritas program adaptasi perubahan iklim dalam rangka meningkatkan daya lenting (resiliensi) wilayah sentra produksi pangan terhadap perubahan iklim

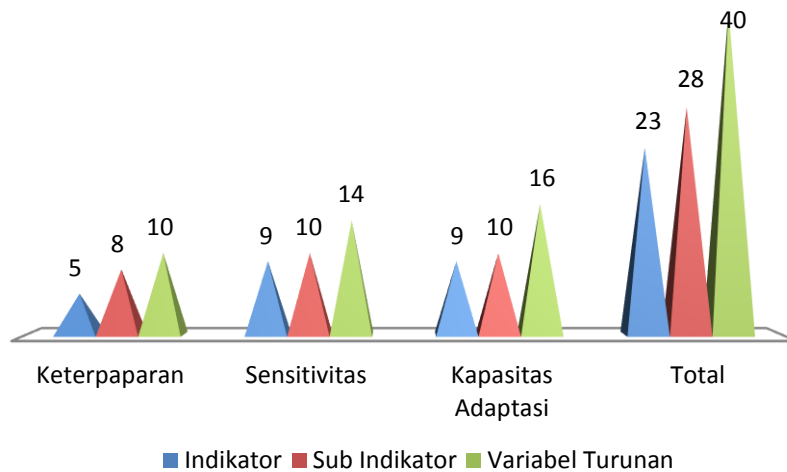
terutama tanaman Padi di Kabupaten Subang. **Indikator disusun berdasarkan aspek rantai pangan berupa produksi, pasca panen dan penyimpanan, distribusi dan konsumsi.**

Rantai pasokan pangan (*supply chain*) sendiri merupakan sebuah sistem terkoordinasi yang terdiri atas organisasi, sumber daya manusia, aktivitas, informasi, dan sumber-sumber daya lainnya yang terlibat secara bersama-sama dalam memindahkan suatu produk atau jasa baik dalam bentuk fisik maupun virtual dari suatu pemasok kepada pelanggan. Aspek rantai pasokan pangan pertama, produksi, merupakan banyaknya produk usaha tani yang diperoleh dalam rentang waktu tertentu. Sedangkan yang dimaksud dengan pasca panen dan penyimpanan merupakan proses yang dilakukan setelah produksi. Proses ini dapat berupa proses penambahan nilai hasil produksi ataupun hanya disimpan. Distribusi sebagai salah satu aspek yang berperan penting. Distribusi meliputi proses pemindahan barang hasil produksi langsung kepada konsumen atau pemindahan dari tempat penyimpanan atau tempat hasil pengolahan pasca panen menuju konsumsi yang merupakan aspek terakhir. Keempat aspek di atas selanjutnya dipisahkan kedalam masing-masing komponen tingkat kerentanan yaitu Keterpaparan atau Exposure (E), Sensitivitas/Sensitivity (S) dan Kapasitas Adaptasi/Adaptive Capacity (AC).

Identifikasi indikator juga mempertimbangkan kajian terkait risiko perubahan iklim seperti kajian oleh IPB - UNICEF (2015); IPB - UNDP (2016); dan Kajian SPARC (2015). Sebagai bagian dari kajian pertanian, maka arahan Menteri Pertanian (2016) dan kajian oleh Balitklimat (2015) juga dijadikan sebagai salah satu acuan penyusunan indikator. Menteri Pertanian Andi Amran Sulaiman mengatakan kepadatan penduduk termasuk pekerja pertanian, sumber air dan akses pertanian merupakan tantangan yang perlu dihadapi pada sektor pertanian. Berbagai tantangan tersebut merupakan indikator pada aspek produksi. Menurut hasil kajian Perdinan *et al.* (2015 dan 2016) bahwa pada analisis fungsi produksi, variabel seperti sumber penghasilan keluarga dan pekerja pertanian merupakan indikator penting dalam analisis kerentanan agropolitan. Sedangkan rasio produksi padi dan jagung per luasan tanam serta rasio luas lahan pertanian pangan terhadap luas wilayah dianggap penting dalam penyusunan indikator kerentanan pertanian (Estiningtyas 2015).

5.3. Seleksi, Definisi dan Pemilihan Indikator Penyusun Rantai Pasokan Pangan

Setelah dipertimbangkan penyusunan konsep Rantai Pasokan Pangan dengan keempat aspek di atas dan mempertimbangkan sumberdaya air sebagai persoalan utamanya maka disusunlah matriks penyusun konsep kerentanan dengan mengacu pada ketiga komponen kerentanan IPCC yaitu keterpaparan, kerentanan yang terdiri dari sensitivitas dan kapasitas adaptasi. Tabel susunan disertai pemilihan indikator ditunjukkan pada Lampiran 1. Pemilihan indikator ini juga mengacu pada ketersediaan data pada level desa di seluruh Kabupaten Subang. Setelah pemilihan Indikator, seleksi data hingga level desa dilakukan sebagai bahan pembentuk indikator tersebut. Seleksi ini menempatkan 73 data dan informasi tingkat desa yang digunakan untuk menyusun 40 variabel turunan. Sejumlah 40 variabel turunan ini digabungkan hingga membentuk 28 sub indikator yang digunakan untuk menyusun 23 indikator pada seluruh komponen tingkat kerentanan (Gambar 7).



Gambar 4 Jumlah penggunaan data dan informasi penyusun indikator

Berdasarkan aspek penyusun rantai pasokan pangan dan hasil seleksi indikator pada setiap aspek untuk masing-masing komponen kerentanan maka diperoleh hasil akhir berupa tabel indikator kerentanan untuk masing-masing aspek disertai pembobotannya. Secara ringkas, penyusunan pemetaan kerentanan mengikuti komponen tingkat kerentanan yang telah disusun Perdinan *et. al.* 2017. Indikator setiap komponen tingkat kerentanan disusun berdasarkan aspek masing-masing rantai pasokan pangan (*supply chain*).

5.4. Penilaian Setiap Komponen Kerentanan

Penilaian tingkat kerentanan rantai pasokan pangan di Kabupaten Subang terdiri dari tiga komponen utama. Seperti yang dijelaskan di atas, komponen tersebut diantaranya adalah keterpaparan dan kerentanan yang terdiri dari sensitivitas dan kapasitas adaptasi. Keterpaparan menggambarkan kondisi fisik agropolitan yang dapat mengalami dampak negatif sebagai dampak perubahan iklim. Untuk memudahkan penilaian setiap komponen maka disusunlah kategorisasi (Lihat metodologi). Pada kajian ini dibagi 5 kategori tingkat kerentanan yang menunjukkan derajat kerawanan suatu komponen. Kategori tersebut diantaranya “Sangat Rendah” (SR) hingga “Sangat Tinggi” (ST).

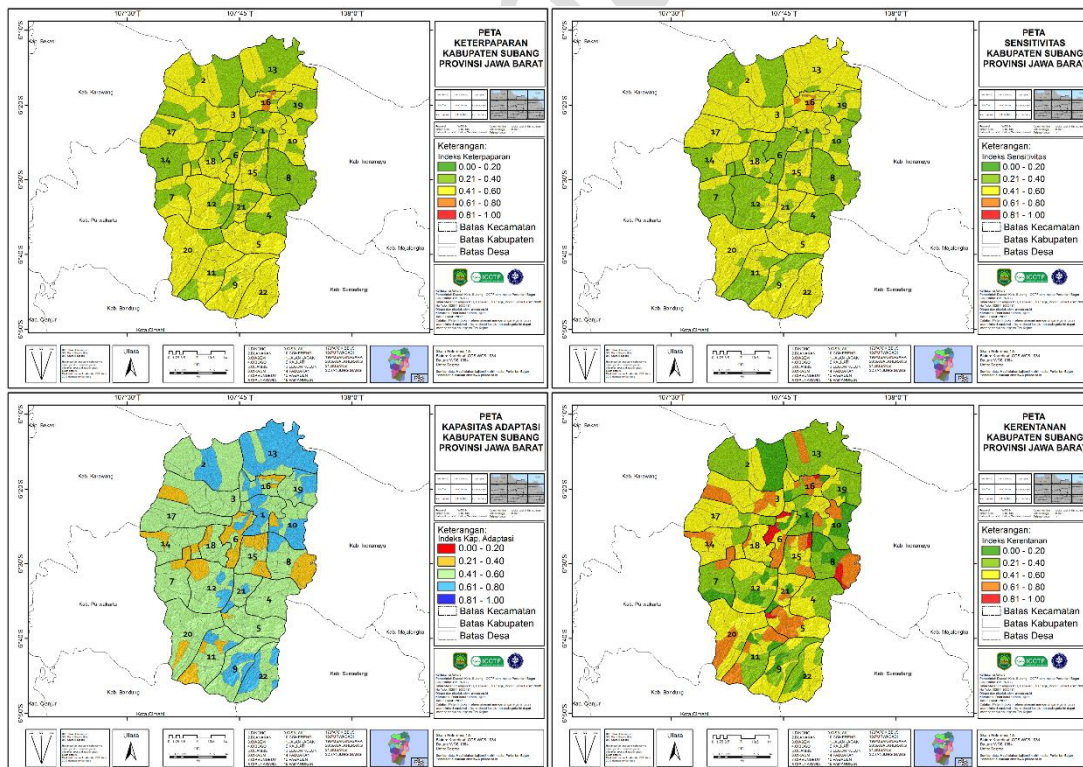
Berdasarkan distribusi peta spasial tingkat keterpaparan, mayoritas desa tergolong “Sedang” (S) diikuti “Rendah” (R), hanya sebagian kecil kelurahan yang tergolong “tinggi” (T). Desa dengan kategori “Tinggi” berada di Kecamatan Pamanukan. Hal serupa juga dijumpai pada Komponen Sensitivitas. Namun demikian, wilayah yang tergolong “Tinggi” (T) ini harus mendapatkan perhatian dan antisipasi yang lebih dari Pemerintah Kabupaten Subang agar dampak kerugian dapat dikurangi. Sebaran desa berdasarkan tingkat keterpaparan menunjukkan bahwa desa yang memiliki tingkat keterpaparan tinggi adalah Desa Kalijati Timur Kecamatan Kalijati dan beberapa desa di Kecamatan Pamanukan diantaranya Desa Rancasari, Pamanukan Hilir, Pamanukan Sebrang.

Dalam konteks perubahan iklim, kerentanan merupakan perkiraan besar dampak buruk yang timbul akibat keragaman dan perubahan iklim. Kerentanan menunjukkan besarnya selang toleransi (*coping range*) sistem terhadap perubahan iklim. Apabila perubahan iklim melewati selang toleransi dari sistem tersebut, maka sistem tersebut dikatakan sudah rentan (*vulnerable*) terhadap perubahan iklim. Semakin sempit selang toleransi, maka semakin rentan sistem tersebut terhadap dampak perubahan iklim. Secara teoritis kerentanan meliputi sensitivitas terhadap dampak negatif dan kurangnya kapasitas adaptasi untuk mengatasi dampak negatif. Sensitivitas adalah tingkatan atau derajat dimana suatu sistem dipengaruhi atau responsif terhadap rangsangan perubahan iklim sedangkan kapasitas adaptif menggambarkan kemampuan sistem dalam menyesuaikan terhadap perubahan iklim.

Pada komponen sensitivitas relatif sama dengan keterpaparan dimana mayoritas desa dengan kriteria “Tinggi” berada pada wilayah Kecamatan Pamanukan juga diantaranya desa Rancasari,

Pamanukan Hilir, Pamanukan Sebrang dan Mulyasari serta Desa Sukasari Kecamatan Sukasari. Daerah tersebut berada di tengah wilayah bukan wilayah pesisir. Namun secara umum, desa-desa didominasi pada kategori sensitivitas “Sedang”. Berbeda dengan keterpaparan dan sensitivitas, komponen kapasitas adaptasi cenderung berkategori “Sedang” ke “Tinggi”. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas Kabupaten Subang dalam menghadapi perubahan iklim terutama di sektor pertanian cukup tinggi. Daerah dengan kapasitas tinggi terutama berada di wilayah pesisir utara kabupaten dan sebagian daerah timur laut wilayah.

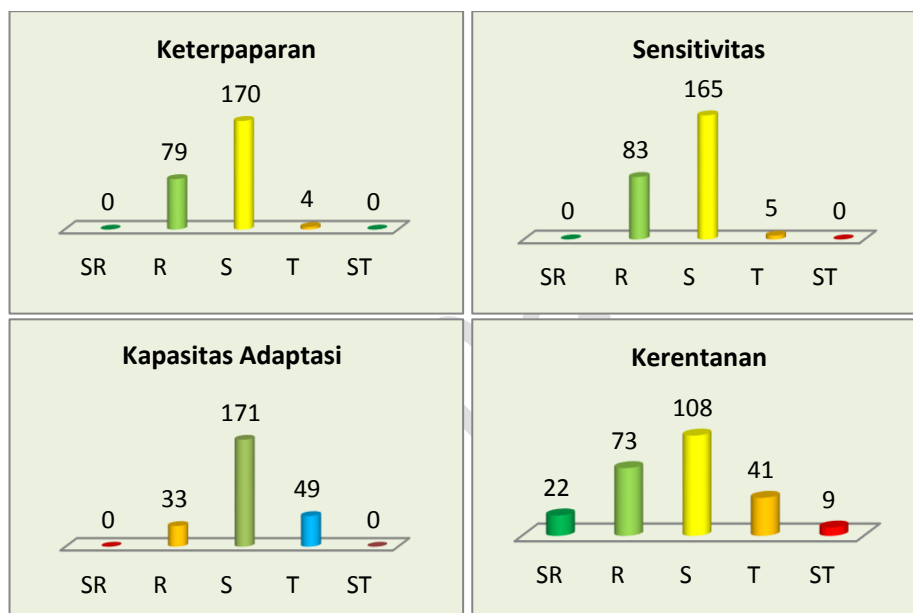
Berdasarkan konsep IPCC (2014) dan Perka BNPB No.12/2011 sebagaimana dijelaskan di atas kerentanan dipengaruhi oleh dua faktor yaitu: tingkat sensitivitas (*sensitivity*) dan kapasitas adaptasi (*adaptive capacity*). Tingkat kerentanan diukur sebagai rasio antara tingkat sensitivitas dan kapasitas adaptasi. Kerentanan berbanding lurus dengan tingkat sensitivitas dan berbanding terbalik dengan kapasitas adaptasi. Kondisi tingkat kerentanan akan semakin buruk bila sensitivitasnya tinggi dan/atau kapasitas adaptasi rendah. Berdasarkan peta di bawah, mayoritas desa di Kabupaten Subang termasuk pada kategori “Rendah” dan “Sedang”, namun sebarannya cukup merata untuk kategori “Sedang”. Wilayah tersebut mayoritas berada di wilayah timur laut kabupaten dan wilayah pesisir. Hal ini diakibatkan daerah tersebut memiliki kapasitas tinggi sementara sensitivitasnya sedang. Sementara itu, dari 253 desa hanya terdapat sembilan desa yang masuk kategori “Sangat Tinggi”. Meskipun hanya sebagian kecil desa yang masuk kategori tersebut akan tetapi desa-desa inilah yang perlu mendapat perhatian prioritas untuk dilakukan strategi adaptasinya. Desa-desa yang masuk kedalam kategori “Sangat Tinggi” adalah Desa Mayang, Gunungtua, Pasirmuncang, Mekarsari, Kamarung, Sidamulya, Lengkongjaya, Pamanukan Sebrang dan Mundusari. Seperti yang dijelaskan sebelumnya tingginya kerentanan ini disebabkan oleh rendahnya kapasitas adaptasi dan/atau tingginya sensitivitas. Sebagai contoh, pada selang 0-1 untuk setiap komponen kerentanan, Desa Mundusari di Kecamatan Pusakanegara memiliki indeks sensitivitas sebesar 0.53 sedangkan kapasitas adaptasinya hanya 0.32.



Gambar 5 Hasil pemetaan tingkat kerentanan sektor pertanian Kabupaten Subang (n =253 desa).

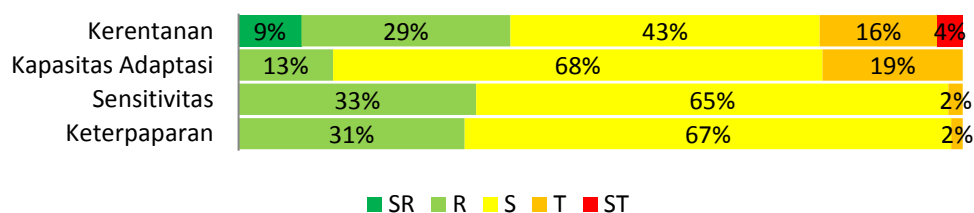
Hasil rekapitulasi jumlah desa pada setiap komponen tingkat keterpaparan disajikan pada Gambar 6 di bawah. Berdasarkan data Potensi Desa tahun 2014, jumlah desa di Kabupaten Subang terdapat

253 desa. Dari sejumlah tersebut, 177 desa atau 67%-nya termasuk pada kriteria Keterpaparan “Sedang” sedangkan 79 desa atau 31%-nya termasuk kriteria “Rendah”. Sementara untuk komponen sensitivitas hampir serupa dengan keterpaparan dimana sejumlah desa mengarah pada kriteria “Sedang” ke “Rendah”. Sejumlah 165 desa pada komponen ini termasuk kategori “Sedang” sementara sisanya yaitu 83 desa berkategori “Rendah”. Baik keterpaparan dan sensitivitas, hanya 2% saja desa yang masuk kedalam kategori “Tinggi”. Perlu dipahami bahwa lokasi dengan keterpaparan dan sensitivitas “Tinggi” sangat perlu dilakukan prioritas aksi adaptasi. Namun, selain lokasi tersebut, desa-desa dengan kategori “Rendah” juga perlu diupayakan adaptasinya. Tujuannya adalah lokasi-lokasi tersebut dapat menyokong daerah lain dimana memiliki kerentanan tinggi. Berbeda dengan kedua komponen di atas, kapasitas adaptasi Kabupaten Subang dalam hal pertanian sudah mengarah ke kapasitas tinggi. Sebanyak 171 desa masuk dalam kategori “Sedang” sementara sebagian lainnya 49 desa masuk dalam kategori “Tinggi”. Selanjutnya komponen kerentanan yang merupakan gabungan antara komponen sensitivitas dibanding kapasitas adaptasinya, menunjukkan sebaran yang cukup variatif namun memusat pada kondisi “Sedang”. Gambar di bawah menunjukkan terdapat 9 desa dengan kerentanan “Tinggi” dan mayoritas 108 desa termasuk “Sedang”.



Gambar 6 Rekapitulasi desa pada berbagai tingkat kerentanan di Kabupaten Subang (n =253 desa)

Secara umum, sebaran kriteria setiap komponen dapat dijelaskan seperti pada Gambar 7. Berdasarkan hasil tersebut, lebih dari 50% desa masuk pada kategori “Sedang” pada masing-masing komponen. Hanya sebagian kecil desa yang termasuk kedalam kategori “Rendah” maupun “Tinggi”. Bahkan, hampir 20% desa (41 desa) masuk kategori “Tinggi” dan 9 desa masuk kategori “Sangat Tinggi”. Sementara pada kategori “Sangat Rendah” hanya kurang dari 10% (22 desa).



Gambar 7 Persentase kategori setiap komponen (n =253 desa)

5.5. Menemukenali Faktor Berkontribusi dalam Kerentanan

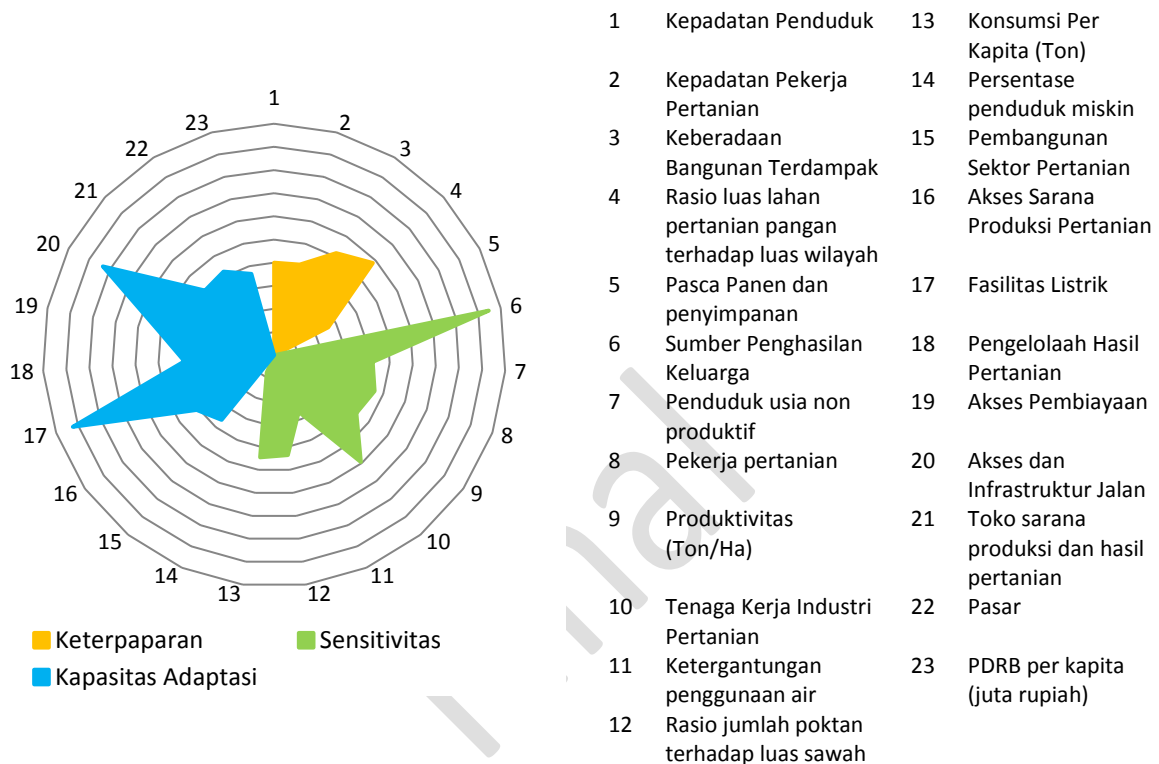
Dalam upaya menemukenali indikator utama yang berkontribusi pada tingkat kerentanan maka dipetakan grafik *petal chart*. Faktor yang berkontribusi terhadap tingkat kerentanan yang disusun berdasarkan komponen sensitivitas dan kapasitas adaptasi serta kaitannya dengan keterpaparan dapat dianalisis melalui penggunaan *petal chart* di bawah yang menggambarkan semua nilai indikator penyusun masing-masing komponen. Pola dan nilai masing-masing indikator dapat memberikan informasi indikator yang memiliki dampak negatif dan perlu diintervensi melalui program-program pemerintah maupun melibatkan organisasi non pemerintah. Program intervensi harus diselaraskan dengan rencana pembangunan daerah baik jangka panjang maupun jangka menengah, dan disinkronkan setiap tahun melalui rencana kerja pemerintah untuk dapat memberikan dampak langsung berupa pengurangan kerentanan dari dampak perubahan iklim di masyarakat.

Untuk menggambarkan distribusi tingkat kerentanan seluruh desa, maka nilai kerentanan yang merupakan fungsi dari sensitivitas dan kapasitas adaptasi dinormalisasi pada rentang nilai 0 sampai 1. Pada komponen keterpaparan dan sensitivitas nilai mendekati 1 mengarah pada kondisi yang semakin tidak baik (Semakin rentan). Sementara kapasitas mendekati 1 justru kebalikannya. Sehingga secara umum, nilai 0 menunjukkan kerentanan yang sangat rendah sedangkan nilai 1 menunjukkan kerentanan yang sangat tinggi. Distribusi tingkat kerentanan menunjukkan bahwa sebagian besar desa berada pada nilai 0.4 – 0.6 atau tingkat kerentanan sedang dengan rata-rata tingkat kerentanan desa di Kabupaten Subang sebesar 0.50. Untuk keterpaparan, mayoritas desa berada pada kondisi “Sedang”. Indikator paling berpengaruh pada keterpaparan adalah **Pasca Panen dan penyimpanan** dengan nilai indikator hingga 0.60. Indikator tersebut adalah indikator terkait proses yang dilakukan setelah panen, baik proses pengolahan maupun penyimpanan sehingga indikator ini disusun berdasarkan sub indikator penggunaan bahan bakar keluarga, pembuangan limbah dan upaya pencegahan pembuangan limbah. Pembuangan limbah pasca panen masih kurang baik, hal ini ditunjukkan oleh tempat/saluran pembuangan limbah cair/air kotor sebagian besar keluarga dan pembuangan limbah dari pabrik/industri/usaha ke sungai masih tinggi. Meskipun demikian Pemerintah Subang telah berupaya dalam menangani limbah dimana pemerintah telah mengatur masalah limbah dalam Peraturan Daerah Kabupaten Subang Nomor 2 tahun 2004 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Subang. Pada pasal 70 menjelaskan bahwa dalam optimalisasi pemanfaatan lahan sebagai sumber pakan ternak dan pengolahan limbah pertanian untuk mendukung peningkatan populasi ternak. Namun, dalam praktiknya masih ditemukan banyak sekali limbah pertanian yang belum termanfaatkan dan terproses.

Sementara itu, pada komponen sensitivitas, indikator **sumber penghasilan keluarga** menjadi indikator paling berpengaruh, bahkan hingga mencapai nilai indeks 1.00. Indikator ini berbicara mengenai sumber penghasilan utama sebagian besar penduduk dan jika sumber penghasilan utama sebagian besar penduduk adalah sektor pertanian lalu apa Jenis komoditi/sub sektornya. Semakin banyak penduduk yang bermatapencaharian pada bidang pertanian maka daerah tersebut akan semakin sensitif, terlebih jika hasil pertaniannya berupa tanaman pangan (Padi) yang sangat sensitif terhadap perubahan iklim. Kondisi ini menggambarkan bahwa penduduk di Kabupaten Subang hanya bertumpu pada sektor pertanian saja. Hal ini akan diperparah apabila luasan lahan yang dikelola hanya kecil. Berdasarkan laporan WALHI, selama tahun 2016, Jawa Barat telah mendapatkan pengaduan kasus-kasus baru dari warga. Sedikitnya ada sekitar 25 kasus yang diadakan ke WALHI Jawa Barat diantaranya kasus di Kabupaten Subang adalah satu kasus pembangunan pelabuhan di Patimban dan satu kasus pembangunan industri manufaktur di Kabupaten Subang (<http://www.walhibabar.org> diakses pada 02 Juni 2017). Kejadian ini mempersempit area pertanian yang dikelola penduduk sehingga lebih mengancam sektor pertanian Kabupaten Subang.

Berdasarkan gambar di bawah dapat dilihat bahwa nilai kapasitas adaptasi rata-rata desa di Kabupaten Subang relatif baik untuk indikator fasilitas listrik dan akses & infrastruktur jalan.

indikator fasilitas listrik dan akses & infrastruktur jalan memiliki indeks lebih dari 0.8. Sedangkan indikator paling berpengaruh pada tingkat kerentanan adalah **PDRB dan pembangunan di sektor pertanian** dengan indeks di bawah 0.40. Dikutip dari Dokumen Master Plan Kabupaten Subang 2014-2018, Disebutkan bahwa sektor pertanian merupakan sektor yang strategis dan berperan penting dalam perekonomian nasional dan kelangsungan hidup masyarakat, terutama dalam sumbangannya terhadap PDRB, penyediaan lapangan kerja dan penyediaan pangan dalam negeri. Sementara pembangunan pada sektor pertanian terhantam pada isu dan tren industrialisasi. Tren perkembangan industrialisasi dapat menurunkan preferensi masyarakat untuk bekerja di sektor pertanian, sehingga insentif dan dukungan dari pemerintah perlu selalu ditingkatkan terhadap peningkatan minat masyarakat membangun sektor pertanian.



Gambar 8 Identifikasi faktor berkontribusi terhadap keterpaparan dan kerentanan di Kabupaten Subang (n =253 desa)

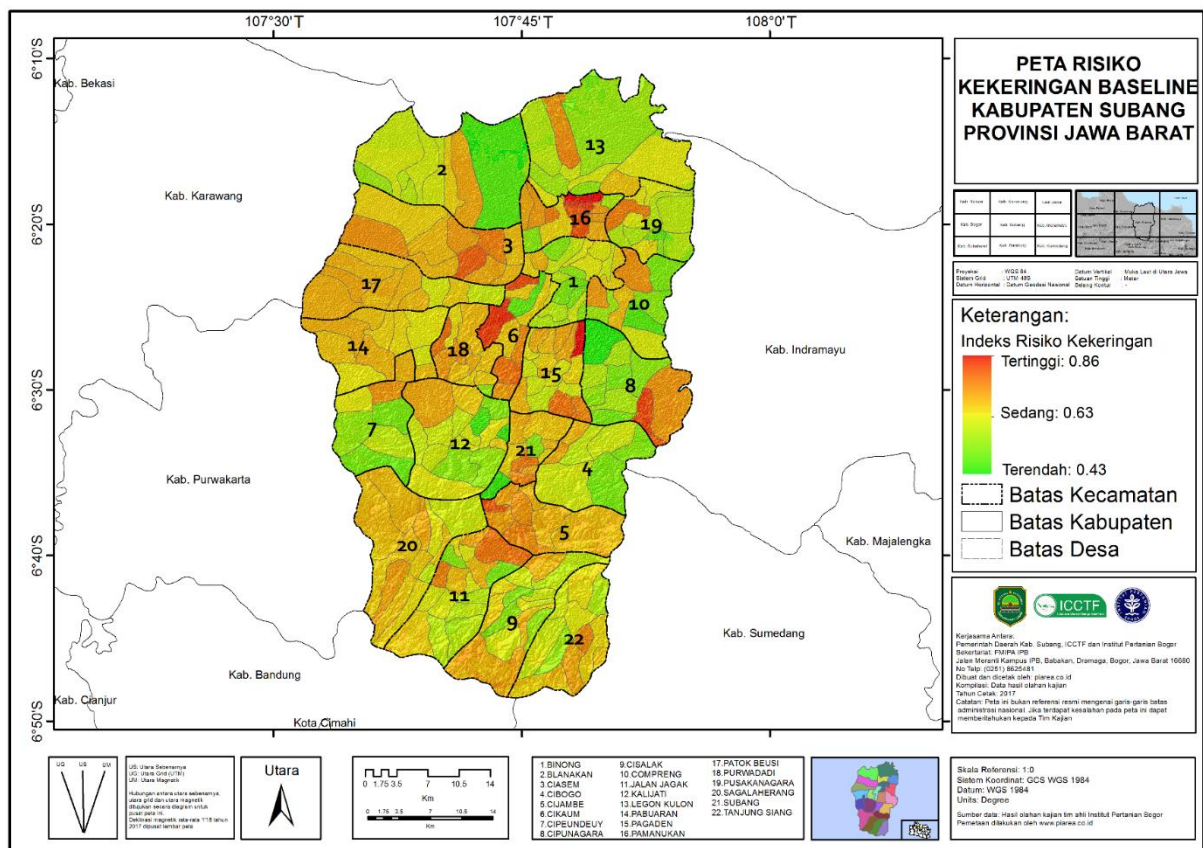
5.6. Tingkat Risiko terkait Iklim Sektor Pertanian pada Kondisi Baseline dan Masa Depan

Secara umum, peta risiko diperoleh berdasarkan pertimbangan antara tingkat potensi bahaya suatu kejadian bencana ditambah dengan kerentanan wilayah. Risiko bencana terkait iklim sendiri merupakan kondisi yang menunjukkan **potensi** akan terjadinya di masa sekarang (baseline) maupun masa depan.

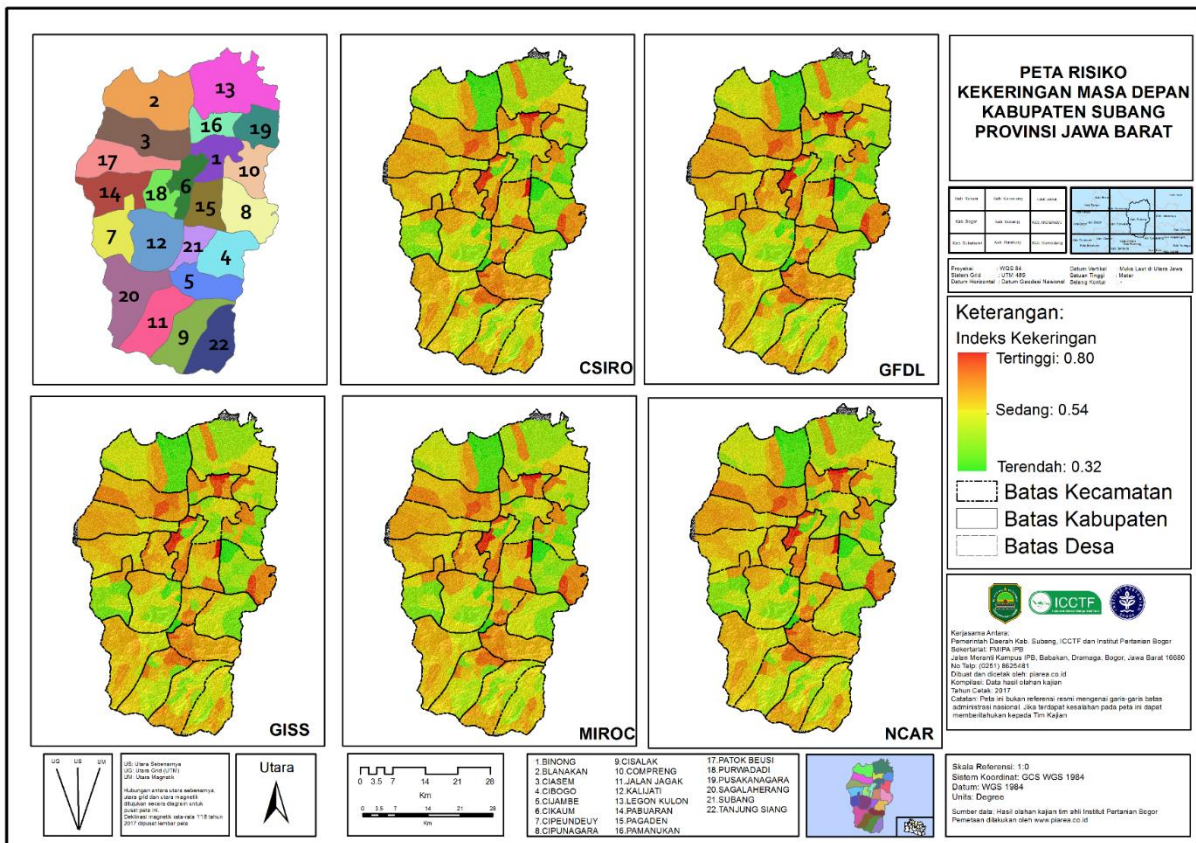
Hasil pemetaan tingkat risiko iklim baik untuk risiko kekeringan menunjukkan pola sebaran spasial yang hampir sama (Gambar 912). Berdasarkan hasil analisis diperoleh tingkat risiko iklim (Kekeringan) berada pada nilai 0.31 – 0.79 (Rendah hingga Tinggi) pada kondisi baseline. Wilayah yang memiliki tingkat risiko tinggi antara lain Desa Lekongjaya, Desa Pamanukan Hilir dan Desa Pamanukan Sebrang, Kecamatan Pamanukan; Desa Mekarsari dan Desa Pasir Muncang, Kecamatan Cikaum; Desa Kamarung, Kecamatan Pagaden; Desa Sidamulya, Kecamatan Cipunagara; Serta beberapa desa di Kecamatan Subang seperti Desa Karanganyar, Pasirkareumbi, Cigadung dan Gunung Tua.

Wilayah yang memiliki tingkat risiko moderat hingga tinggi yang perlu menjadi perhatian antara lain Kecamatan Pamanukan, Cikaum, Subang, Pagaden, Cijambe, serta sebagian Purwadadi, Cipunagara dan Segalaherang. Tingkat Risiko tinggi umumnya menyebar di Wilayah Tengah bagian timur Kabupaten Subang dan memanjang dari utara hingga sebagian wilayah selatan. Faktor dominan yang berkontribusi terhadap risiko tinggi di Kabupaten Subang adalah tingkat kerentanan wilayah dan tingkat evaporasi yang tinggi, Daerah dataran rendah dengan tutupan lahan sebagian besar persawahan dan perebutan air bersih untuk perumahan dan pertanian.

Untuk melihat kondisi potensi kekeringan pada masa depan maka dibuatlah peta risiko masa depan dengan mempertimbangkan peta bahaya proyeksi mengikuti Output 2 sebelumnya. Proyeksi dilakukan pada 5 model iklim yaitu GFDL, CSIRO, GISS, MIROC dan NCAR. Penilaian tingkat risiko kekeringan masa depan menunjukkan hasil bahwa terjadi peningkatan di seluruh wilayah Subang pada rentang nilai 0.30 – 0.80. Peningkatan risiko secara spasial tampak memusat di bagian tengah – barat wilayah. Sebagai contoh di wilayah Kecamatan Cikaum, Pabuaran, Patok Beusi, Ciasem dan Purwodadi baik pada risiko banjir maupun kekeringan masa depan. Adanya peningkatan nilai risiko perlu mendapat perhatian prioritas untuk meminimalisasi risiko masa depan.



Gambar 9 Risiko terkait iklim (kekeringan) baseline (1970 – 2000)



Gambar 10 Risiko proyeksi periode 2030 (2021-2050) di Kabupaten Subang

5.7. Dampak Perubahan Iklim terhadap Produksi Padi dan *Supply-Demand* Komoditas Pangan

5.7.1. Dampak Perubahan Iklim terhadap Produksi Pertanian

Analisis terhadap dampak perubahan iklim terhadap produksi pertanian dilakukan dalam dua tahapan seperti yang dijelaskan dalam metodologi. Pertama adalah analisis dan penjelasan perubahan produksi akibat adanya perubahan kondisi iklim akibat adanya keragaman iklim berupa kejadian El Nino dan La Nina yang dibandingkan dengan kondisi normal. Kemudian pada bagian kedua adalah dilakukan analisis produksi berdasarkan informasi perubahan unsur iklim berupa curah hujan berdasarkan informasi data iklim yang dikeluarkan oleh model iklim global. Informasi tersebut yang digunakan untuk mensimulasikan produksi pertanian kemudian dibandingkan dengan produksi pada tahun normal pada kondisi *existing*. Evaluasi kondisi El Nino dan La Nina pada periode masa mendatang tidak dimodelkan pada analisis ini. Hal ini disebabkan informasi terhadap kejadian El Nino dan La Nina belum dimungkinkan untuk diproyeksikan pada periode mendatang berdasarkan informasi yang dikeluarkan oleh model iklim global.

Sebagai penjelasan awal untuk mensimulasikan produksi pertanian berdasarkan ketersediaan air, pada bagian ini akan dibahas terkait dengan model simulasi tanaman. Model simulasi tanaman ini mensimulasikan pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang didasarkan atas informasi lapangan dengan melakukan proses kalibrasi. Sehingga model mampu mensimulasikan mendekati kondisi di wilayah kajian.

5.7.2. Model Simulasi Tanaman

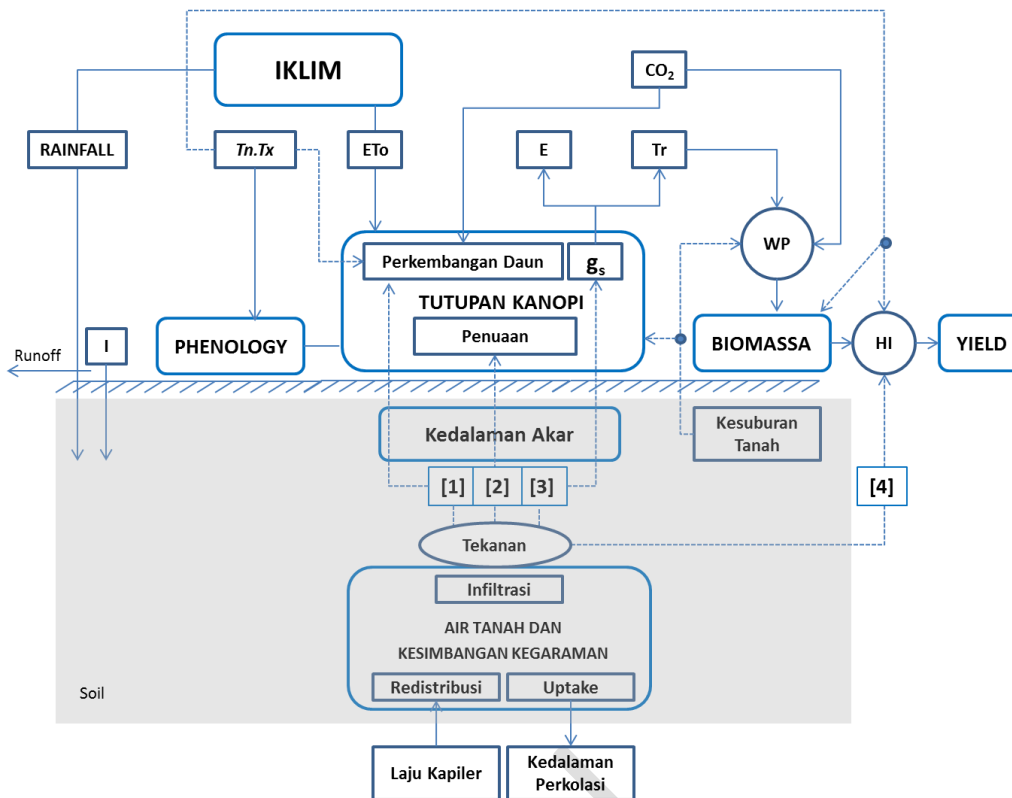
Penyusunan dampak perubahan iklim terhadap produksi pertanian dibangun dengan menggunakan pemodelan. Model adalah bentuk penyederhanaan dari sistem. Pada kajian ini, pemodelan tanaman dilakukan dengan menggunakan aplikasi model simulasi tanaman AQUACROP. Model simulasi

tanaman Aquacrop menggunakan pendekatan *growing degree day* (GDD) dalam mensimulasikan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pendekatan GDD ini mensimulasikan pertumbuhan dan perkembangan tanaman berdasarkan fase-fase pertumbuhan yang dipengaruhi oleh suhu lingkungan dan suhu dasar tanaman. Model Aquacrop sendiri menggunakan pengembangan perhitungan GDD yang bersumber dari FAO (2012).

Aquacrop menggunakan pendekatan yang dikembangkan oleh McMaster and Wilhem (1997) dalam menghitung GDD dengan pengembangan pada pengaruh dari proses fisik tanaman terutama pada kondisi jika suhu minimum berada dibawah suhu dasar tanaman. Pada pendekatan oleh FAO, jika suhu berada di bawah suhu dasar maka nilai GDD yang diperoleh sama dengan nol (tidak adanya GDD). Sedangkan pada pengembangan oleh Aquacrop, GDD dihitung dengan mempertimbangkan suhu maksimum yang terjadi pada hari tersebut. Sehingga dalam perhitungan oleh aquacrop menggunakan suhu rata-rata harian sebagai dasar dalam menghitung GDD.

Aquacrop adalah model tanaman yang memberikan respon pertumbuhan dan perkembangan tanaman terhadap kondisi ketersediaan air. Model ini merupakan sarana umum yang digunakan untuk memprediksi produksi suatu tanaman pada berbagai kondisi ketersediaan air dengan cara menghitung cekaman dari tiga komponen yaitu air, suhu dan tanah yang terjadi selama fase pertanaman. Cekaman air merupakan komponen penting mengingat kondisi air terkait erat dengan ketersediaan air suatu wilayah khususnya wilayah pertanian seperti wilayah kabupaten Subang. Dengan demikian jika informasi terhadap cekaman air ini bisa diperoleh untuk periode yang akan datang maka model ini mampu digunakan untuk mengestimasi produksi suatu tanaman pada periode mendatang berdasarkan informasi iklim yang diberikan. Demikian juga seperti halnya yang diungkapkan oleh Steduto et al (2009) bahwa aquacrop mampu mensimulasikan pertumbuhan tanaman yang memiliki korelasi positif dengan ketersediaan air, lama masa pertanaman dan kondisi iklim termasuk juga faktor manajemen pada periode saat ini dan juga periode dimasa mendatang. Hal tersebut mendasari bahwa pada kajian ini penggunaan aquacrop sebagai alat analisis dampak perubahan iklim terhadap produksi pertanian.

Seperti yang telah dijelaskan dalam metodologi, aquacrop menggunakan koefisien cekaman untuk melakukan memperhitungkan pengaruh dari air, suhu dan kondisi tanah. Gambar berikut menjelaskan tentang bagaimana ketiga cekaman tersebut mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Hasil simulasi menunjukkan bahwa ketiga cekaman tersebut mempengaruhi parameter tanaman yang berbeda. Cekaman air mempengaruhi pertumbuhan kanopi tanaman, proses pembungaan dan proses transpirasi. Cekaman suhu mempengaruhi produksi biomassa dan proses pembungaan. Sedangkan cekaman kondisi tanah mempengaruhi pertumbuhan kanopi, penyerapan air, dan proses evapotranspirasi. Dalam kaitannya dengan pengaruh cekaman air, perubahan ketersediaan air mampu merubah produksi dan masa panen melalui perubahan transpirasi dan pertumbuhan kanopi serta proses pembungaan.



Gambar 11 Diagram alir perhitungan pertumbuhan dan perkembangan tanaman pada Aquacrop.

Dalam gambar diatas terlihat bahwa unsur iklim juga merupakan komponen penting yang mempengaruhi proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Jika dilihat secara keseluruhan ada tiga komponen utama dalam pemodelan oleh aquacrop yaitu komponen tanaman, tanah dan iklim. Ketiga komponen tersebut memiliki parameter kunci yang saling terkait satu dengan lainnya untuk membentuk proses yang kompleks dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Detail parameter-parameter dalam model aquacrop ditampilkan pada Tabel berikut.

Tabel 2 Parameter yang digunakan dalam simulasi tanaman menggunakan aquacrop.

Simbol	Deskripsi	Units
I	Irigasi	m ³
T, Tn, Tx	Temperatur Udara (Maksimum dan Minimum)	°C
ETo	Evapotranspirasi Standart	mm
Ta	Transpirasi Kanopi Aktual	mm
E	Evaporasi	mm
gs	Konduktasi Stomata	mmol m ⁻² s ⁻¹
WP	Koefisien Produktivitas Air	%
HI	Indeks Panen	%
CO ₂	Konsentrasi Karbon dioksida atmosfer	Ppm
Ks	Koefisien Tekanan	-
(1), (2), (3), (4)	Umpan balik	-

5.7.3. Kalibrasi model AQUACROP

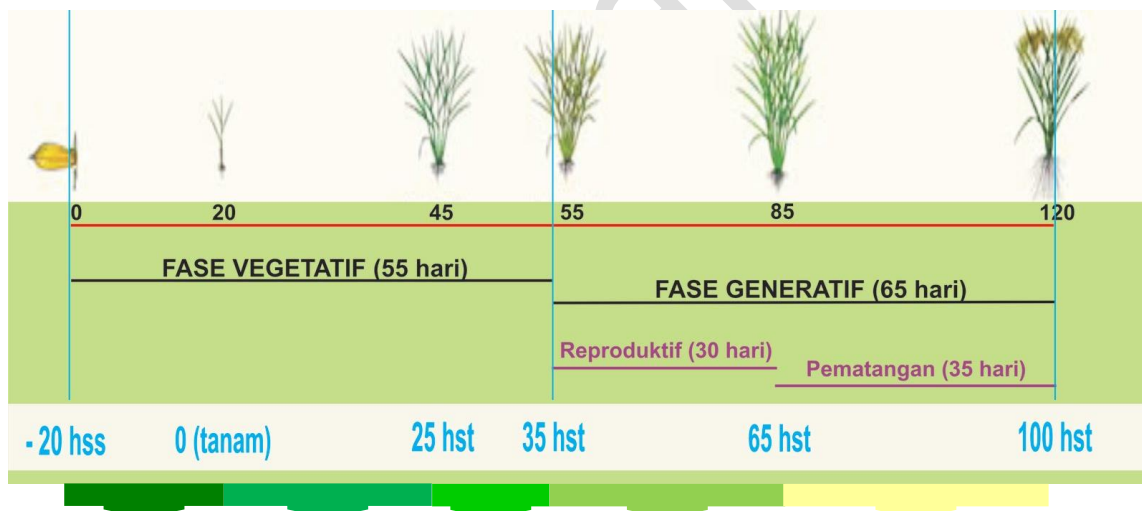
Model aquacrop yang digunakan dalam kajian ini menggunakan informasi yang bersifat umum sehingga perlu disesuaikan dengan kondisi setempat sebelum model ini digunakan untuk analisis selanjutnya. Proses ini disebut dengan evaluasi model yang terdiri dari proses kalibrasi dan validasi model. Proses kalibrasi adalah proses dimana pengguna diijinkan untuk mengubah parameter-

parameter tertentu untuk menghasilkan informasi yang tepat berdasarkan data yang tersedia. Umumnya proses kalibrasi menggunakan informasi pada periode masa lampau sehingga mampu menjelaskan kondisi masa lampau yang dipengaruhi oleh unsur iklim.

Untuk parameter tanaman, proses kalibrasi dilakukan dengan menyesuaikan nilai parameter tanaman yang akan digunakan dalam model untuk disesuaikan dengan kondisi lapang sehingga mampu merepresentasikan jenis tanaman yang digunakan di lapangan. Dalam pemodelan juga diperlukan karakteristik tanaman sebagai salah satu parameter input dalam model. Karakteristik tanaman juga mempengaruhi pola tanam yang diterapkan di wilayah kajian. Berikut adalah informasi terkait dengan pola tanam yang diterapkan di wilayah kajian yang diperoleh dari data lapangan:

- Umur tanaman 120 hari
- Persiapan tanam: untuk persiapan tanam tanah diberikan irigasi untuk mendapatkan kondisi tanah yang jenuh. Untuk lahan tanpa irigasi maka curah hujan diasumsikan mampu memenuhi kebutuhan kelembaban tanah
- Pengolahan tanah dengan fase penanaman diperlukan air sebesar 50-100 mm sesuai dengan kondisi tanah
- Kebutuhan ketinggian air untuk fase penanaman sebesar 200mm pada kondisi basah dan 250mm pada kondisi kering
- Fase pengeringan lahan (tanpa irigasi untuk lahan irigasi) dilakukan pada periode sekitar 10 hari sebelum panen

Ilustrasi tentang pertumbuhan dan perkembangan tanaman untuk mendeskripsikan jenis tanaman yang digunakan ditampilkan untuk menggambarkan perkembangan tanaman mulai dari penanaman sampai dengan panen.



Gambar 12 Ilustrasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang digunakan dalam parameterisasi model.

Parameter tanaman yang digunakan dalam model umumnya sudah tersimpan dalam database yang merupakan database bawaan oleh aquacrop. Namun demikian database tersebut memuat parameter yang bersifat umum yang perlu disesuaikan dengan karakter dan jenis tanaman yang digunakan. Dalam kajian ini parameter tanaman juga menggunakan nilai parameter tanaman yang ada pada database dari aquacrop dengan melakukan penyesuaian pada beberapa parameter. Penyesuaian dilakukan agar parameter yang digunakan dalam pemodelan mendekati parameter tanaman yang ada di wilayah studi. Penentuan parameter tanaman ini dilakukan melalui proses kalibrasi dengan nilai produksi tanaman sebagai indikator kalibrasi. Perhitungan statistik berupa RMSE digunakan sebagai indikator dalam proses kalibrasi. Hasil kalibrasi ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil kalibrasi untuk penentuan parameter tanaman

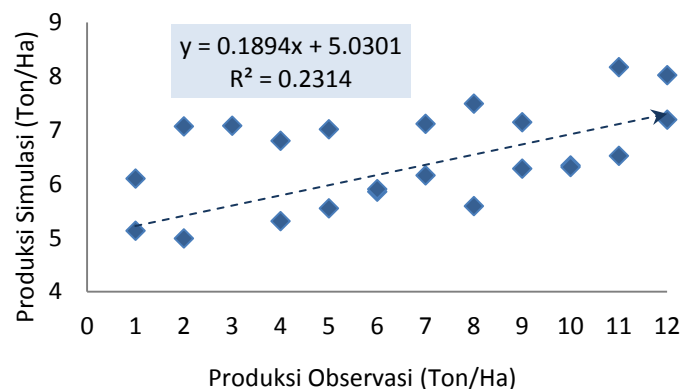
Karakteristik tanaman	Nilai Sebelum dikalibrasi	Nilai setelah dikalibrasi
Sowing rate (kg h ⁻¹)	80	120
Maximum canopy cover	120	75
Initial Canopy cover (%)	3	4.52
Crop coefficient	4	1.10
Base temperature(°C)	10	10
Upper temperature (°C)	40	30
Maximum effective rooting depth	1	0.60
Water productivity (gm ⁻²)	50	25
Reference harvest index (m)	20	40

Sedangkan untuk parameter tanah, nilai masing-masing parameter ditentukan berdasarkan informasi seperti pada tabel 4.

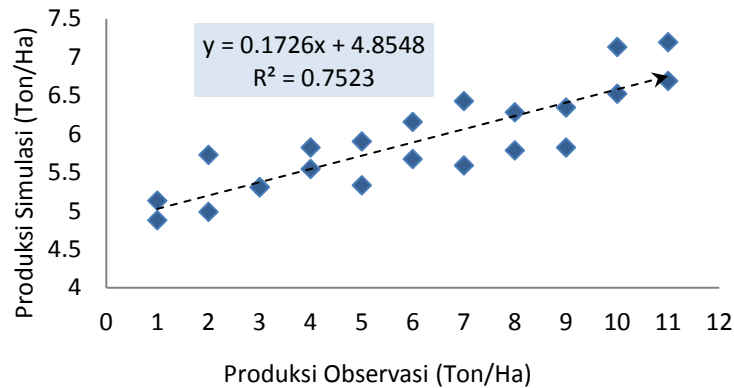
Tabel 4 Informasi parameter tanam untuk model simulasi Aquacrop

Soil type	Thicknes (m)	Soil water content (%)			Total Available water	saturated hydraulic conductivity (mm d ⁻¹)
		Saturation	Field Capacity	PWP		
Silty loam	0.15	38	16	8	80	800
Silty loam	0.15	38	16	8	80	800
Sandy clay loam	0.15	4	31	15	160	250
Sandy clay loam	0.15	46	31	15	160	250
Clay loam	0.15	50	31	15	160	100

Dengan menggunakan parameter hasil kalibrasi tersebut, luaran model berupa produksi tanaman padi dijalankan dengan menggunakan data input berupa data iklim pada kondisi baseline tahun normal. Hasil dari produksi sebelum dan setelah proses kalibrasi dijadikan sebagai indikasi parameter hasil kalibrasi mampu menghasilkan output yang mendekati nilai observasi lapangan dan penentuan parameter sudah sesuai dengan kondisi lapang.



Gambar 13 Perbandingan output model dengan observasi sebelum proses kalibrasi.



Gambar 14 Perbandingan output model dengan observasi setelah proses kalibrasi.

Melihat hasil tersebut bahwa setelah proses kalibrasi model lebih mampu menghasilkan output produksi yang mendekati nilai observasi. Dengan proses “*trial and error*” dalam penentuan parameter diperoleh parameter terbaik yang digunakan dalam model. Hasil ini menunjukkan bahwa model mampu digunakan untuk proses analisis lanjutan.

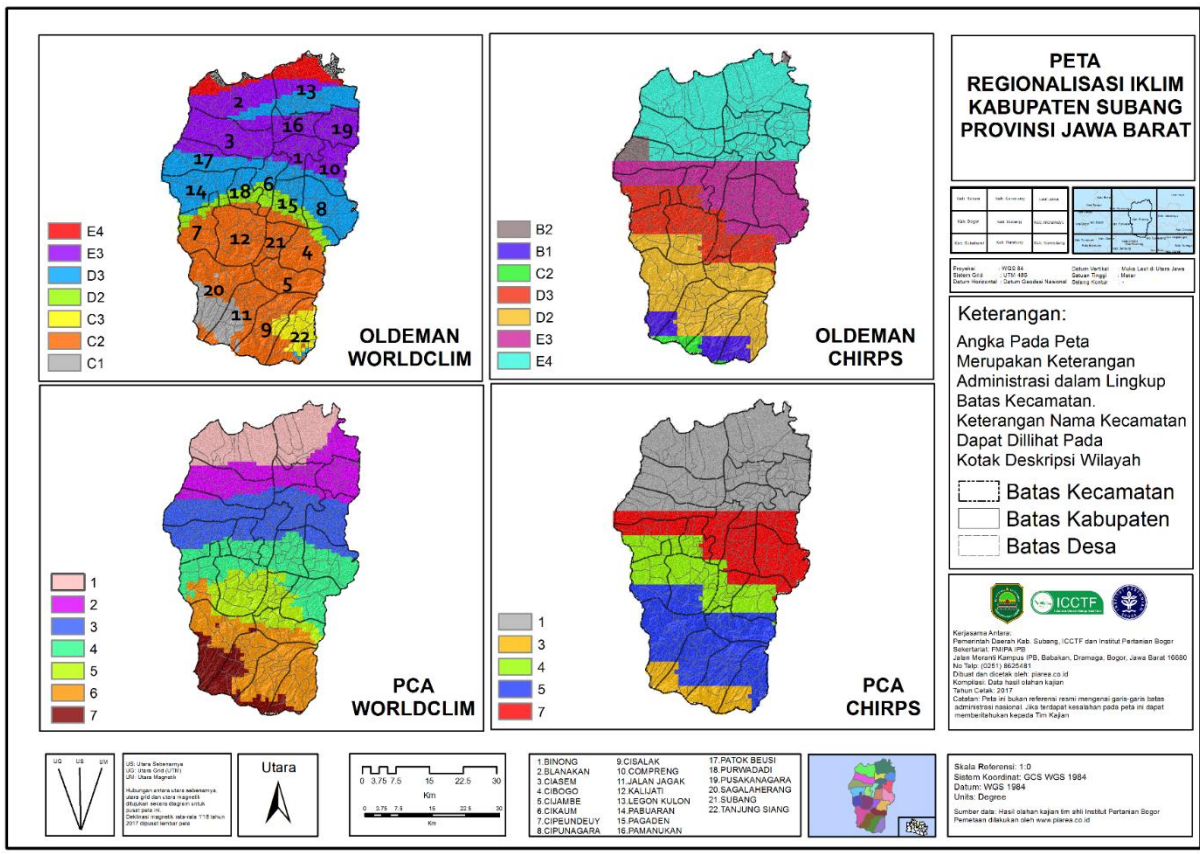
5.7.4. Evaluasi keragaman iklim

Identifikasi terhadap keragaman iklim atau disebut juga variabilitas iklim didasarkan atas nilai indikator dari osilasi selatan dengan membandingkan tekanan atmosfer pada dua lokasi yang berbeda yaitu Darwin dan Tahiti. Berdasarkan hasil identifikasi variabilitas iklim berdasarkan informasi nilai South Oscillation Index (SOI), Gambar 19 menjelaskan tahun untuk masing-masing kondisi iklim. Informasi ini diperoleh dengan menggunakan data dari tahun 1985 – 2015.

Hasil identifikasi tersebut menghasilkan sebaran data dengan tahun yang berbeda. Data dan informasi tersebut kemudian dianalisis dengan menghitung nilai rata-rata dari masing-masing kondisi variabilitas iklim tersebut. Nilai rata-rata ini yang digunakan sebagai input dalam pemodelan. Output yang dihasilkan dari model ini kemudian dibandingkan dengan luaran model yang menggunakan data iklim *existing* sebagai inputan.

Selain identifikasi keragaman secara temporal, kajian ini juga mengidentifikasi sebaran secara spasial dengan menggunakan analisis kluster. Analisis kluster juga dilakukan terhadap curah hujan wilayah Subang untuk mengidentifikasi pengaruh lokasi terhadap curah hujan. Analisis kluster dilakukan untuk menyederhanakan informasi yang kompleks dalam menganalisis dampak iklim terhadap produksi. Dalam analisis kluster ini informasi yang berasal dari sejumlah obyek akan direduksi menjadi sejumlah kelompok yang jumlah kelompok tersebut lebih kecil dibandingkan dengan jumlah obyek yang digunakan. Pendekatannya adalah obyek-obyek yang memiliki karakter yang sama dikelompokkan dalam satu kelompok yang memiliki tingkat kemiripan yang tinggi dibandingkan dengan kelompok lainnya.

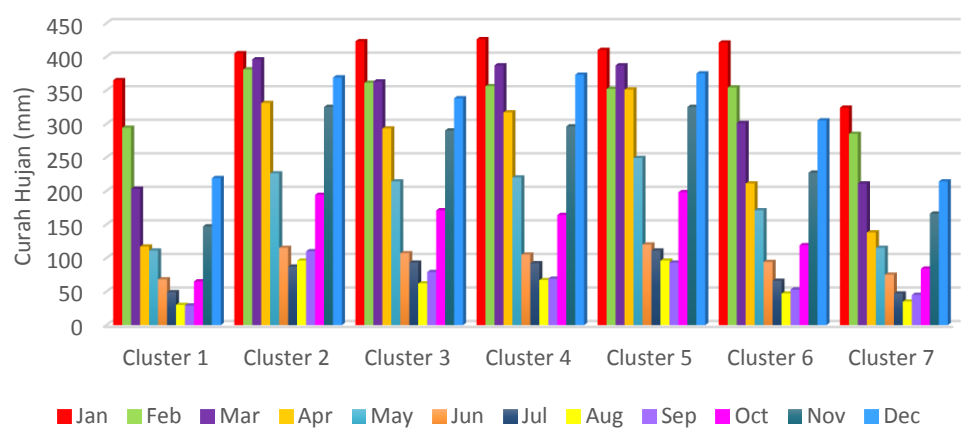
Analisis data hujan dari data CHIRPS ini dikluster menjadi 7 kluster menggunakan data dari tahun 1986 – 2015. Data tersebut dikelompokkan berdasarkan nilai statistik dari sebaran data curah hujan harian. Analisis dilakukan dengan menggunakan aplikasi minitab yang hasilnya dipetakan secara spasial dengan aplikasi GIS. Hasil klustering data curah hujan ditampilkan dalam gambar berikut.



Gambar 15 Peta regionalisasi iklim dengan 7 kluster.
 Sumber : Olahan data CHIRPS tahun 1981 – 2010.

Hasil kluster menunjukkan bahwa setiap kluster memiliki wilayah yang sama. Berdasarkan pola kluster yang dihasilkan juga dapat dilihat bahwa nilai curah hujan memiliki kemiripan yang cukup tinggi berdasarkan nilai ketinggian. Artinya bahwa curah hujan pada wilayah dengan ketinggian tertentu memiliki karakter yang hampir sama dan memiliki karakter yang berbeda dengan curah hujan pada wilayah dengan ketinggian yang berbeda. Hal ini dapat menjelaskan bahwa sifat hujan di Subang dipengaruhi oleh topografi wilayah.

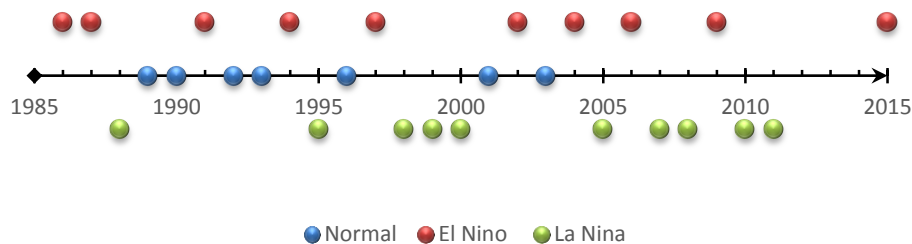
Pola hujan pada masing-masing kluster secara umum tidak memiliki banyak perbedaan. Hal ini dapat dilihat dari sebaran curah hujan bulannya pada masing-masing kluster yang ditunjukkan oleh gambar berikut.



Gambar 16 Grafik sebaran curah hujan bulanan pada masing-masing cluster.

Selanjutnya dari sistem klasterisasi dilanjutkan dengan melakukan evaluasi masing-masing tahun data menggunakan informasi SOI untuk menentukan keragaman iklim. Fenomena ENSO dikenal sebagai variabilitas iklim global (Trenberth et al. 1998), ENSO juga mempengaruhi karakteristik curah hujan khususnya di wilayah Pasifik Tropis (Soerjadi 1984; USDA 1984; ADPC 2000; Yoshino et al. 2000; Kirono dan Partidge 2002) termasuk subang. Saat kejadian El Nino curah hujan pada wilayah Kabupaten Subang lebih kecil dari rata-rata yang ditunjukkan oleh anomali curah hujan yang negatif, sebaliknya saat terjadi La Nina terjadi peningkatan curah hujan dari rata-rata dengan anomali curah hujan yang positif.

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa sebagian besar keragaman iklim selama periode kajian berada dalam kondisi normal seperti yang diunjukkan pada gambar 18.



Gambar 17 Identifikasi tahun untuk masing-masing kondisi iklim.

5.7.5. Dampak Keragaman Iklim terhadap produksi padi

Kajian tentang pengaruh iklim terhadap produksi tanaman diawali dengan mengevaluasi keragaman iklim wilayah kajian. Keragaman iklim tersebut dibandingkan dengan kondisi normal. Parameter yang dievaluasi dalam kajian ini baik dalam keragaman adalah curah hujan. Dengan demikian hasil kajian dari keragaman dan juga perubahan iklim adalah perubahan curah hujan baik jumlah maupun pola (pattern) dari curah hujan tersebut.

Mengingat unsur yang diamati adalah hanya untuk iklim maka dalam kajian ini komponen tanah dianggap konstan dan berada dalam kondisi maksimum. Keragaman yang terjadi diasumsikan hanya pada komponen iklim. Komponen lain seperti kondisi tanah, jenis pemupukan yang diberikan dan variatas diasumsikan sama untuk periode baseline dan periode masa datang.

Perubahan yang utama adalah adanya variabilitas iklim khususnya parameter curah hujan dan pengaruh dari pemberian air irigasi. Jumlah air irigasi merupakan selisih dari kebutuhan air dengan air yang tersedia dari curah hujan efektif. Metode pemberian air irigasi disesuaikan dengan kondisi di lapangan walaupun dalam model ini pemberian air irigasi dapat mengikuti berbagai bentuk pendekatan.

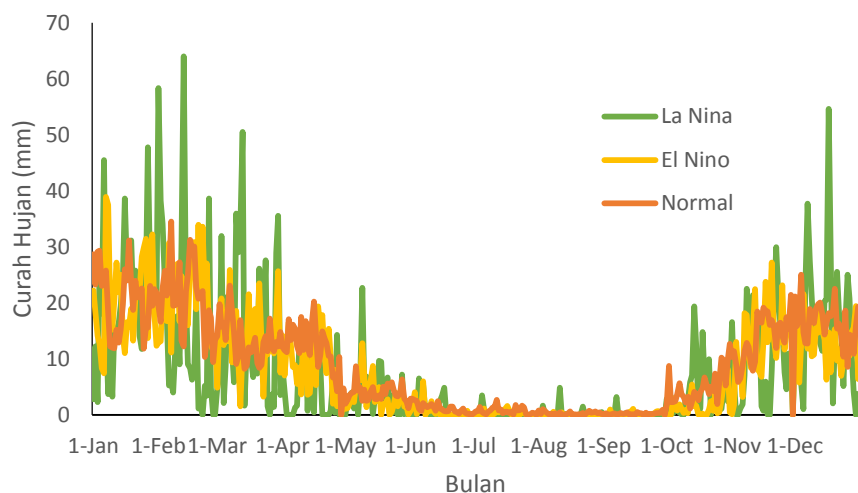
Tanaman padi sangat rentan terkena dampak kekeringan atau pengaruh ENSO karena tanaman padi lebih banyak membutuhkan air dari pada tanaman bijian yang lain (Bouman et al 2007). Aldrian dan Susanto (2003) memaparkan bahwa El Nino dan La Nina di daerah dengan pola curah hujan equatorial memiliki pengaruh yang lebih lemah, dibandingkan dengan daerah berpola monsun, sedangkan daerah berpola lokal tidak jelas. Sehingga El Nino dan La Nina kuat pengaruhnya terhadap keragaman curah hujan dan produksi padi di Kabupaten Subang.

Merujuk pada gambar 22, hasil produksi pada sawah irigasi cenderung stabil pada saat fenomena ENSO maupun saat normal. Hal ini disebabkan karena pemberian air irigasi yang memberikan hasil yang optimal. Hasil produksi tertinggi saat kejadian ENSO terdapat pada Cluster 4 dan 5 yang wilayahnya dapat dilihat pada gambar 17. Sedangkan untuk sawah tadah hujan hasil produksi optimal saat fenomena La Nina dan hasil terendah pada saat kejadian El Nino. Hal ini disebabkan karena sawah tadah hujan sangat bergantung pada curah hujan dimana saat kejadian La Nina curah

hujan yang tinggi menyebabkan hasil produksi yang optimal dibandingkan saat El Nino yang menyebabkan hasil produksi sangat rendah. Hasil produksi maksimum terdapat pada *cluster* empat dan *cluster* lima dan hasil produksi terendah pada *cluster* ketiga dan ke enam.

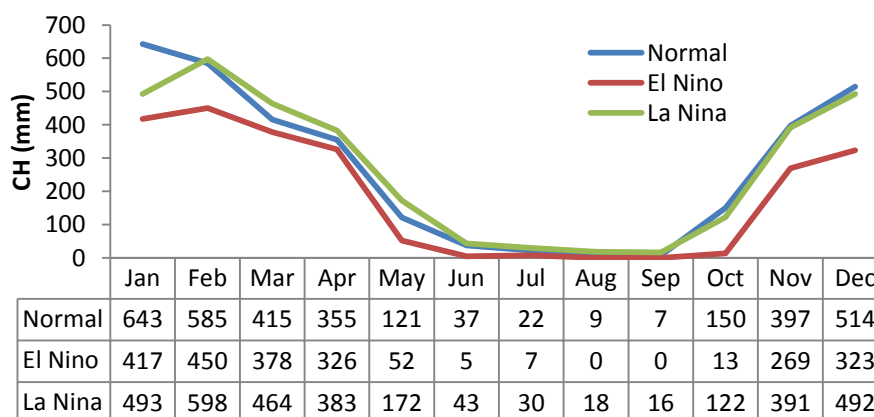
Keragaman iklim yang dievaluasi ada tiga kategori yaitu kondisi iklim normal, Elnino dan Lanina. Ketiga kategori keragaman iklim ini disesuaikan dengan kondisi nilai dari Southern Oscilation Index (SOI) yang membandingkan tekanan udara di dua wilayah yaitu Darwin dan Tahiti. Nilai SOI ini diperoleh dalam rentang waktu yang cukup panjang kemudian setiap periode (tahun) dikelompokkan ke dalam ketiga kategoti tersebut.

Berdasarkan informasi tersebut, nilai curah hujan untuk masing-masing tahun pada setiap kelompok dianalisis untuk mendapatkan informasi rata-ran dari masing-masing kelompok keragaman iklim. Informasi curah hujan pada tiap-tiap kelompok ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 18 Curah hujan pada masing-masing keragaman iklim (kondisi normal, El Nino dan La Nina).

Gambar diatas menunjukkan curah hujan pada masing-masing keragaman iklim yaitu kondisi normal, El Nino dan La Nina. Curah hujan tahunan untuk masing-masing kondisi adalah 3257 mm, 2679 mm, dan 3223 mm. Hasil analisis menunjukkan bahwa kondisi La Nina tidak berpengaruh signifikan terhadap perubahan curah hujan di wilayah kajian. Hal berbeda terjadi pada kondisi El Nino yang mampu menyebabkan penurunan curah hujan sebesar 18% dibandingkan dengan curah hujan normal. Dampak penurunan curah hujan ini tentu saja pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman termasuk juga waktu tanam optimum untuk bisa mempertahankan produksi wilayah. Selain pada nilai curah hujan total, kondisi keragaman iklim ini juga mempengaruhi pola curah hujan wilayah. Pola curah hujan untuk masing-masing kondisi tersebut disajikan pada gambar berikut.

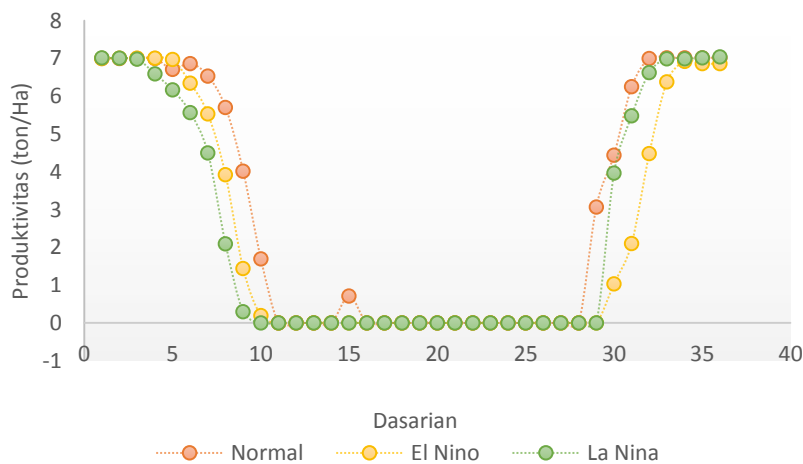


Gambar 19 Pola curah hujan untuk masing-masing kondisi Normal, El Nino dan La Nina

Dampak keragaman iklim terhadap produksi diperoleh dari analisis terhadap output yang dihasilkan oleh model yang dijalankan dengan menggunakan input berupa data iklim pada kondisi baseline (normal) terhadap kondisi El Nino dan La Nina. Nilai dari produksi yang dihasilkan merupakan nilai rata-rata dari masing-masing kondisi iklim. Seperti yang dijelaskan pada bagian sebelumnya bahwa kondisi keragaman iklim baik El Nino maupun La Nina mampu menyebabkan perubahan pada karakteristik iklim terutama pada curah hujan wilayah. Dengan demikian perubahan ini yang menyebabkan perubahan pada nilai produksi.

Hasil kajian perubahan produksi berdasarkan keragaman iklim menunjukkan adanya penurunan produksi baik dalam kondisi El Nino maupun kondisi La Nina. Secara umum penurunan yang terjadi pada masing-masing kluster memiliki tingkat penurunan yang hampir sama yaitu terjadi penurunan sebesar 20% pada kondisi El Nino dan turun sebesar 17% pada kondisi La Nina. Atau penurunan terjadi dari produktivitas sebesar 7.1 ton/ha pada kondisi normal turun menjadi 5.6 ton/ha dan 5.8 ton/ha pada kondisi El Nino dan La Nina. Penurunan produksi pada kondisi El Nino disebabkan oleh peningkatan wilayah-wilayah yang mengalami cekaman kekeringan yang diakibatkan oleh menurunnya curah hujan pada kondisi El Nino. Namun disisi lain, kondisi La Nina yang justru meningkatkan peluang terjadinya curah hujan juga mengakibatkan penurunan produksi. Hal ini diduga disebabkan oleh peningkatan curah hujan menyebabkan beberapa wilayah mengalami gagal panen. Disamping itu, peningkatan jumlah curah hujan mempengaruhi tingkat pertumbuhan dan perkembangan tanaman padi.

Selanjutnya dilakukan analisis perubahan tanggal tanam untuk memberikan informasi pengaruh tanggal tanam pada masing-masing kondisi iklim terhadap produksi. Tanggal tanam ditentukan pada setiap dasarian dimulai pada tanggal 1 januari sebagai dasarian 1 yang kemudian dilanjutkan pada tanggal 11 januari sebagai dasarian 2 dan seterusnya. Hasilnya ditunjukkan pada grafik untuk memberikan gambaran hasil produksi pada masing-masing tanggal tanam. Gambar berikut menunjukkan salah satu contoh dari kluster 5 didalam pemodelan. Hasil dari semua kluster ditampilkan dalam lampiran

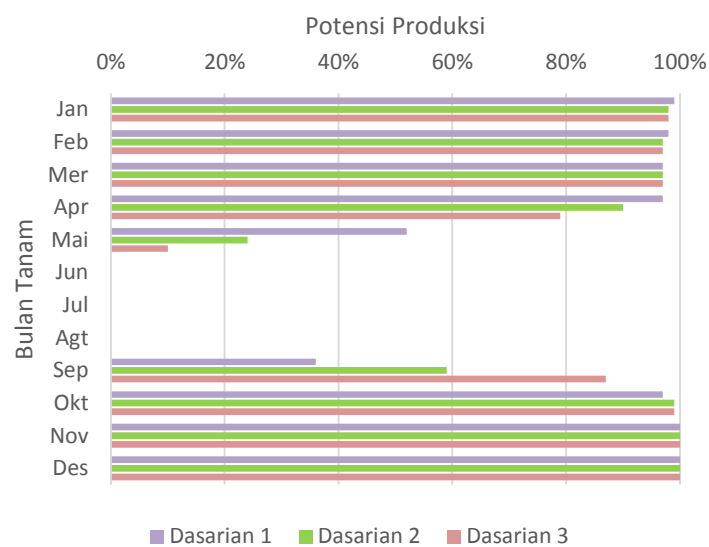


Gambar 20 Estimasi produksi berdasarkan perubahan tanggal tanam pada kondisi Normal, El Nino, La Nina.

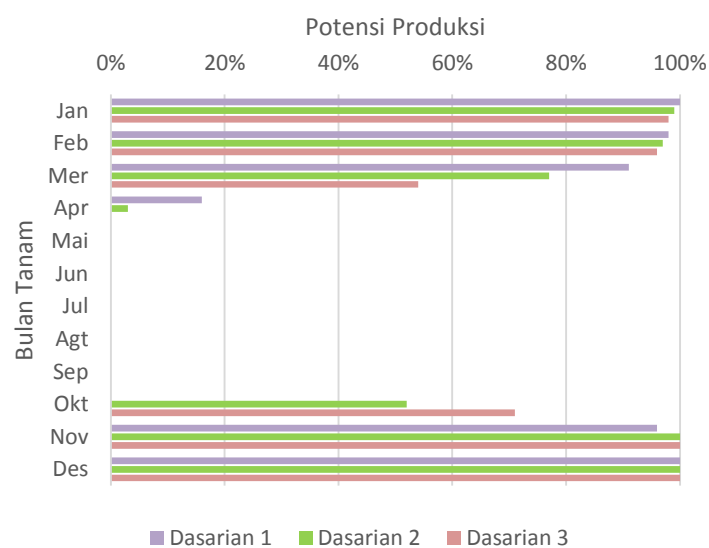
Gambar tersebut menunjukkan estimasi produksi pada masing-masing tanggal tanam dan kondisi keragaman iklim yang berbeda. Jika dilihat dari pola yang ada maka masing-masing keragaman iklim menunjukkan pola yang hampir sama. Hal ini mengindikasikan bahwa keragaman iklim tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perubahan tanggal tanam. Keragaman iklim berpengaruh pada produksi masing-masing tanggal tanam. Seperti yang ditunjukkan pada masing-masing grafik bahwa musim tanam pada masing-masing keragaman iklim adalah pada dasarian

ketiga untuk musim tanam 1 (MT1) dan dasarian ketiga untuk musim tanam 2 (MT2). Seperti yang ditunjukkan oleh grafik tersebut bahwa produksi pada masing-masing tanggal tanam tersebut baik pada tanggal tanam MT1 dan MT2 tidak memiliki perubahan yang signifikan. Namun nilai keragaman produksi sangat jelas terlihat jika dilakukan perubahan tanggal tanam. Seperti yang ditunjukkan oleh masing-masing grafik bahwa perubahan tanggal tanam pada bulan mei akan menyebabkan produksi menurun dengan sangat drastis bahkan menunjukkan kejadian gagal panen dengan ditunjukkan oleh produksi yang mendekati nilai 0. Hal ini disebabkan karena pada periode tersebut merupakan musim kemarau. Antisipasi kondisi tersebut terus berlanjut maka diperlukan tambahan air irigasi sehingga mampu memenuhi kebutuhan air pada periode tersebut. Analisis terhadap kebutuhan air irigasi pada setiap kondisi iklim akan dibahas pada bagian berikutnya.

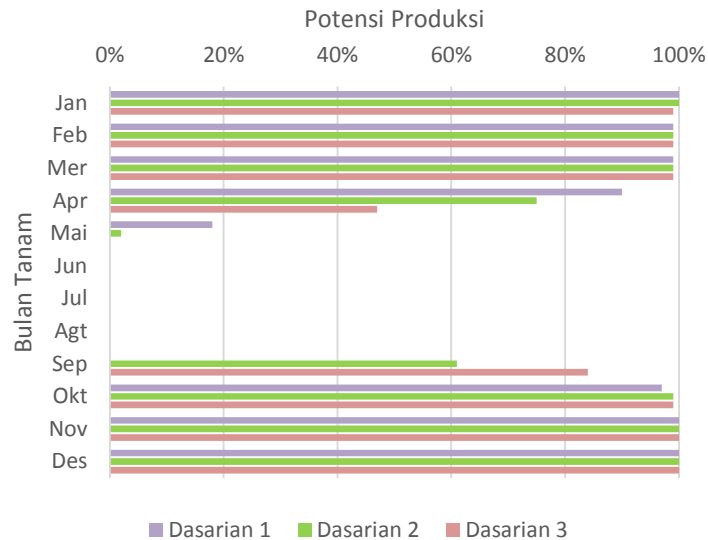
Analisis perubahan produksi pada masing-masing tanggal tanam dibandingkan dengan produksi maksimum pada masing-masing kondisi keragaman iklim juga dilakukan. Hasilnya ditunjukkan pada tabel berikut.



Gambar 21 Potensi produksi berdasarkan perubahan tanggal tanam pada kondisi Normal

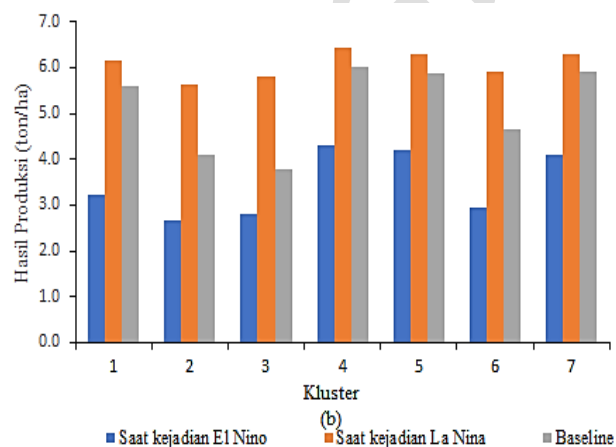


Gambar 22 Potensi produksi berdasarkan perubahan tanggal tanam pada kondisi El Niño



Gambar 23 Potensi produksi berdasarkan perubahan tanggal tanam pada kondisi La Nina

Tabel tersebut menunjukkan bahwa pada tahun normal, produksi juga dipengaruhi oleh tanggal tanam. Perubahan tanggal tanam menyebabkan penurunan produksi yang cukup signifikan di beberapa periode yang disebabkan oleh periode musim kering yang terjadi di wilayah tersebut. Akibatnya tanaman mengalami penurunan produksi akibat tidak tersedianya air untuk memenuhi kebutuhan air selama periode tenam.



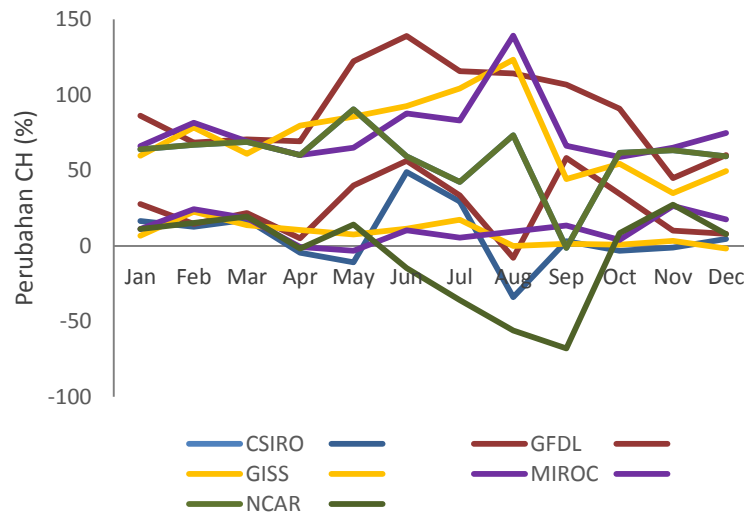
Gambar 24 Hasil produksi pertanian pada tiga variabilitas iklim (El Nino, Normal dan Lanina) pada periode baseline dan saat kejadian

5.7.6. Dampak perubahan iklim pada produksi

Indikasi perubahan produksi sebagai dampak dari perubahan iklim diperoleh dari analisis produksi luaran dari model. Seperti yang dijelaskan bahwa dalam kajian ini model simulasi pertanian digunakan untuk mensimulasikan produksi pertanian berdasarkan kondisi lingkungan termasuk kondisi iklim. Analisis dilakukan dengan asumsi bahwa kondisi lingkungan selain iklim dan komponen pengelolaan memiliki kondisi yang sama pada periode saat ini dan periode di masa mendatang. Hal ini terkait dengan analisis yang dilakukan hanya untuk mengevaluasi dampak dari perubahan iklim pada produksi pertanian.

Model simulasi pertanian menggunakan parameter input unsur iklim yaitu curah hujan dan suhu. Perubahan iklim seperti yang sudah dibahas pada bagian sebelumnya akan berdampak pada perubahan suhu dan curah hujan di wilayah kajian. Berdasarkan data hasil pemetaan spasial, data di

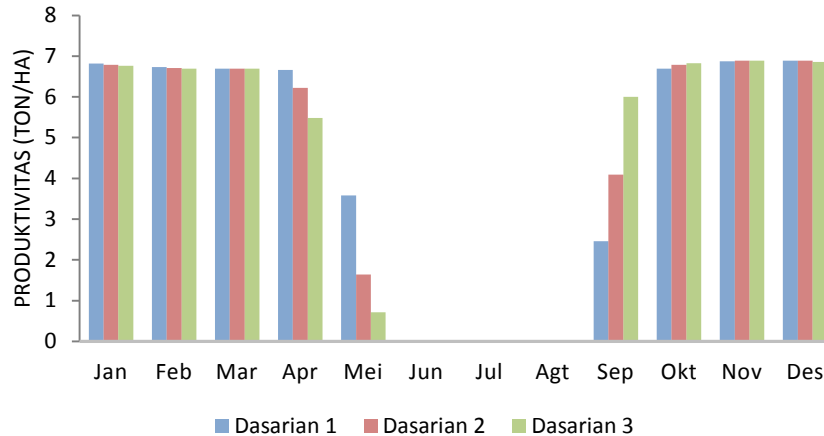
agregasi untuk mendapatkan informasi perubahan curah hujan secara bulanan. Hasil analisis terhadap perubahan curah hujan bulanan berdasarkan analisis dampak perubahan iklim disajikan pada Gambar 27. Analisis terhadap perubahan curah hujan pada periode mendatang mengindikasikan bahwa curah hujan diproyeksikan akan mengalami perubahan sebesar 40% dibandingkan dengan periode saat ini.



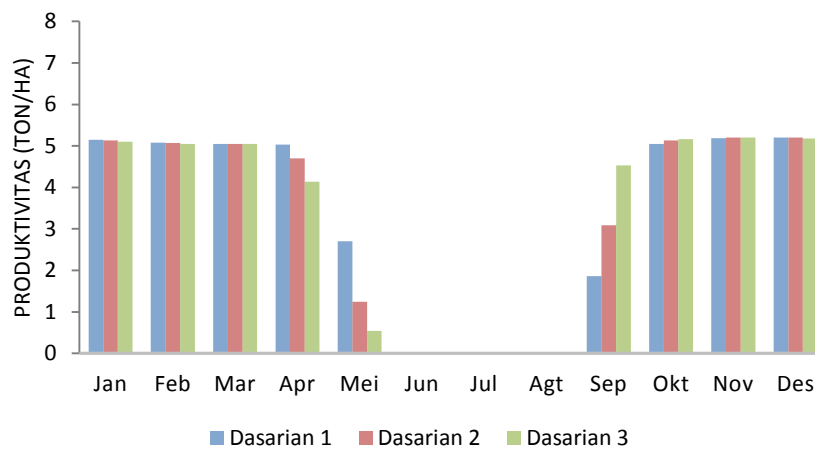
Gambar 25 Delta maksimum dan minimum perubahan curah hujan tahun 2021-2050

Hasil kajian terhadap curah hujan dan suhu digunakan untuk analisis produksi selanjutnya. Untuk melihat dampak dari perubahan curah hujan dan suhu terhadap produksi, model simulasi pertanian yang sudah dikalibrasi dengan kondisi saat ini dijalankan dengan inputan data proyeksi iklim di periode mendatang. Kemudian analisis perubahan terhadap produksi dimasa mendatang dibandingkan dengan produksi pada periode saat ini. Hasil menunjukkan bahwa adanya perubahan produksi pada kondisi saat ini dan kondisi periode mendatang. Perubahan produksi tersebut secara total sebesar 27% (lihat gambar). Kemudian selain melihat kondisi perubahan produksi berdasarkan periode masing-masing, perubahan fase tiap tanaman juga dianalisis untuk mendapatkan gambaran perubahan iklim mampu mempengaruhi periode pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Informasi ini sangat bermanfaat dalam pengelolaan pertanian karena informasi tersebut memberikan fase-fase waktu pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Sebagai analisis sensitivitas terhadap perubahan curah hujan oleh perubahan iklim, skenario iklim yang digunakan dalam analisis adalah skenario tahun basah (TB), tahun kering (TK) dan tahun normal (TN). Skenario tahun basah dengan penambahan curah hujan sebesar 10% pada tahun La Nina, dan pengurangan 20% tahun El Nino tahun normal digunakan sebagai kondisi saat ini.



Gambar 26 Proyeksi produksi berdasarkan dasarian tanam pada periode baseline (ton/ha)



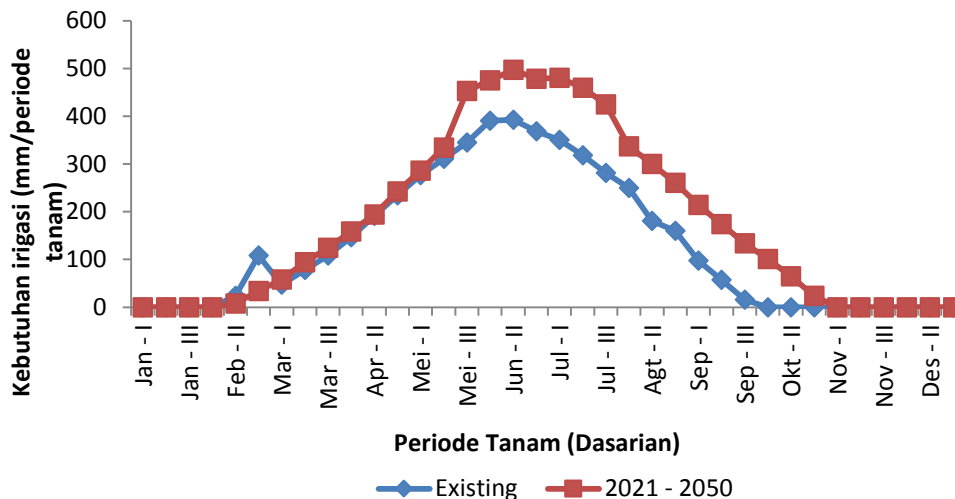
Gambar 27 Proyeksi produksi berdasarkan dasarian tanam pada periode 2021-2050 (ton/ha)

Berdasarkan informasi tersebut bahwa pada periode mendatang produksi tanaman padi di wilayah kajian akan mengalami penurunan sekitar 27% dibandingkan dengan produksi pada kondisi saat ini. Penurunan ini disebabkan adanya penurunan sumberdaya air akibat penurunan curah hujan di beberapa wilayah di Subang. Selain itu juga akibat adanya perubahan suhu yang juga merupakan salah satu komponen penting dalam analisis iklim di periode mendatang. Hasil penelitian Peng et al. (2004) setiap kenaikan suhu minimal 1°C akan menurunkan hasil tanaman padi sebesar 10%. Matthews et al (1997) menunjukkan bahwa kenaikan suhu 1°C akan menurunkan produksi 5-7%.

5.7.7. Distribusi Air pada Setiap Klaster Iklim untuk Optimalisasi Produksi Pertanian

Pemodelan tanaman yang digunakan dalam analisis dampak iklim terhadap produksi juga digunakan untuk analisis kebutuhan air guna mendapatkan produksi optimum pada setiap kondisi iklim. Analisis dilakukan dengan menggunakan model tanaman dengan perlakuan yang berbeda yaitu perlakuan tanpa irigasi dan perlakuan dengan irigasi. Selisih kebutuhan air pada perlakuan irigasi diasumsikan sebagai jumlah kebutuhan air yang diperlukan oleh tanaman untuk memperoleh hasil yang optimum.

Perlakuan tersebut diaplikasikan pada masing-masing klaster. Hal ini berguna untuk menghasilkan jumlah kebutuhan air pada masing-masing klaster dalam upaya untuk memperoleh hasil yang optimum.



Gambar 28 Grafik jumlah kebutuhan air pada berbagai periode tanam

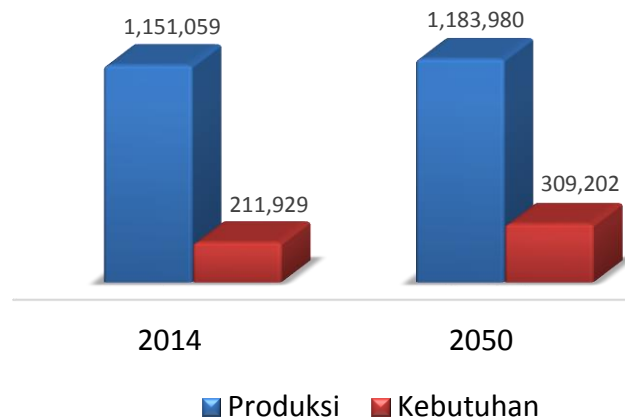
Model simulasi dari jumlah kebutuhan air irigasi akan menghasilkan nilai yang berbeda bergantung dimulainya periode tanam dengan asumsi faktor lain dalam kondisi optimum. Pada periode tanam saat ini, kebutuhan air irigasi paling banyak ketika tanggal tanam dimulai pada bulan Juni Dasarian ke-II dengan kebutuhan sebesar 392 mm/periode tanam. Kebutuhan yang tinggi ini disebabkan rendahnya curah hujan dan tingginya evapotranspirasi pada bulan-bulan kering seperti Mei, Juni, dan Juli. Sedangkan pada bulan-bulan basah, jumlah kebutuhan irigasi bernilai 0 karena umumnya pada bulan tersebut pertanian tadah hujan telah mencukupi kebutuhan air tanaman.

Pada model simulasi, saat ini kebutuhan air irigasi maksimum terjadi pada tanggal tanam bulan Juni Dasarian ke-II dengan jumlah 392 mm. Jumlah tersebut merupakan total jumlah kebutuhan irigasi untuk sekali masa tanam yang kurang lebih sekitar 4 bulan. Pada periode mendatang, model memperlihatkan kenaikan kebutuhan irigasi hingga 100 mm/periode tanam. Kenaikan ini rata-rata terjadi pada bulan kering dari bulan Mei Dasarian ke-III hingga bulan Oktober Dasarian ke-II. Apabila kenaikan jumlah kebutuhan ini tidak segera diantisipasi, maka kemungkinan dampak terjadinya gagal panen akibat kekeringan akan sangat besar.

5.7.8. Supply – Demand Komoditas Pertanian

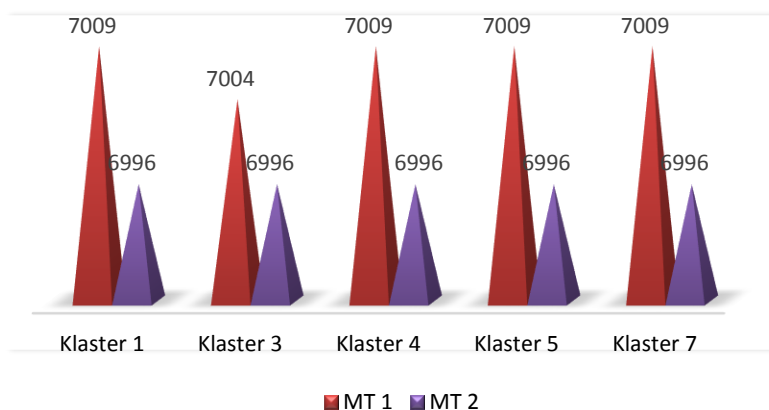
Analisis *demand – supply* dilakukan dengan mengevaluasi ketersediaan komoditas pertanian berdasarkan luaran model dengan menggunakan luaran model iklim sebagai inputan. Hasil ini kemudian dibandingkan dengan kebutuhan komoditas pertanian di wilayah kajian. Untuk kebutuhan komoditas pertanian digunakan angka 139 kg/kapita per tahun sebagai jumlah kebutuhan untuk tanaman padi.

Selanjutnya hasil tersebut dibandingkan untuk mendapatkan gambaran tentang jumlah permintaan dan ketersediaan wilayah kajian. Jumlah penduduk Kabupaten Subang berdasarkan sensus penduduk tahun 2014 (BPS 2015) berjumlah 1.524.670 jiwa. Dari jumlah penduduk tersebut diperoleh jumlah kebutuhan akan komoditas padi di Kabupaten Subang sebesar 211.929,1 ton/tahun. Selanjutnya, laju pertumbuhan penduduk Kabupaten Subang digunakan untuk memproyeksikan jumlah penduduk tahun 2050. Berdasarkan hasil analisis, jumlah penduduk Kabupaten Subang sebesar 2.224.477 jiwa. Kebutuhan penduduk akan komoditas padi pada tahun tersebut diperkirakan mencapai 309.202,4 ton/tahun



Gambar 29 Presentase antara kebutuhan dan produksi padi di Kabupaten Subang

Berdasarkan luaran model diperoleh hasil bahwa jumlah produksi yang diproyeksikan pada tahun 2050 sebesar 1.183.980 ton/tahun. Jumlah ini meningkat dari tahun 2014 yang hanya menghasilkan 1.151.059 ton/tahun. Peningkatan ini memang tidak signifikan dibandingkan peningkatan jumlah kebutuhan. Meski demikian, hasil ini masih lebih besar dibandingkan dengan jumlah kebutuhan penduduk Kabupaten Subang. Namun perlu menjadi perhatian bahwa di tahun mendatang jumlah penduduk juga akan semakin meningkat meskipun hasil produksi padi tidak jauh berbeda dari keadaan saat ini. Hal ini dapat dipastikan terjadi pengurangan efisiensi antara kebutuhan dan produksi (Gambar 31). Tahun 2014 kebutuhan penduduk hanya membutuhkan 16% dari total produksi, namun di tahun 2050, kebutuhan penduduk menjadi 21% dari total produksi tanaman padi. Kondisi demikian tentu mengurangi jumlah distribusi komoditas padi untuk kebutuhan lain seperti industri dan perdagangan. Hal ini menjadi dasar bahwa perlunya upaya-upaya penanggulangan yang perlu dilakukan untuk mengantisipasi kondisi tersebut.



Gambar 30 Produktivitas tanaman padi (ton/ha) pada 2 musim tanam di tahun 2050.

Hasil model (Gambar 32) menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan antar model. Pada produktivitas tinggi, semua model menghasilkan keluaran yang sama baik pada musim tanam 1 (Oktober) maupun musim tanam ke-2 (Februari). Produktivitas tertinggi maupun terendah pada semua klaster memiliki rata-rata produktivitas sebesar 7002 kg/ha. Demikian juga dengan hasil yang ditunjukkan dengan menggunakan musim tanam 1 dan musim tanam 2. Pada Musim Tanam 1 (MT 1) produktivitas mencapai nilai 7009 kg/ha untuk semua model dan semua klaster kecuali klaster 3. Hal ini sedikit berbeda pada penanaman kedua (MT 2) yang menghasilkan produktivitas tanaman padi tidak lebih dari 7000 kg/ha. Meskipun perbedaan hasil tidak signifikan (tidak lebih dari 20 kg/ha) namun diketahui bahwa produktivitas menurun ketika penanaman pertama dilakukan pada musim penghujan.

Berdasarkan hasil simulasi produktivitas tanaman padi diketahui bahwa perubahan iklim tidak berdampak signifikan pada ketersediaan air yang ditunjukkan oleh perubahan ketersediaan air pada periode di masa mendatang. Hasil simulasi memproyeksikan bahwa ketersediaan air masih mencukupi untuk pertanian. Namun hal yang perlu diperhatikan adalah bahwa analisis ini belum memasukkan komponen bencana yang mampu mempengaruhi produktivitas di periode mendatang. Bencana yang dimaksud adalah bencana terkait sumberdaya air seperti banjir dan kekeringan maupun bencana lainnya seperti serangan hama dan penyakit

5.8. Ketidakpastian

Pada analisis risiko perubahan iklim, komponen utama yang perlu diperhatikan adalah bahaya, kerentanan dan keterpaparan. Pada analisis bahaya (hazard) memerlukan data biofisik dan data iklim wilayah baik kondisi saat ini maupun proyeksi. Data biofisik berupa RTH, topografi, penggunaan lahan sedangkan data iklim meliputi data curah hujan dan suhu udara stasiun observasi. Namun, dalam kegiatan kali ini data iklim observasi wilayah tidak tersedia untuk kondisi baseline di Subang. Walaupun demikian, untuk menggambarkan iklim wilayah pada kajian ini menggunakan data olahan Hijmans 2005 yang disebut juga dengan WorldClim. Sebagai analisis lanjutan, pada bagian ini dilakukan perbandingan hasil peta bahaya kekeringan yang diperoleh melalui portal resmi BNPB yaitu InaRisk dengan peta-peta yang telah disusun. Sementara itu, pada kajian kerentanan dan keterpaparan, hasil yang diperoleh adalah indeks kedua komponen berbasis administrasi. Ketidakpastian pada analisis berbasis administrasi adalah keterbatasan data yang digunakan dan terbentur dengan batas wilayah. Selain itu, beberapa data pada skala administrasi yang diperoleh dari Podes 2014 dan Sensus Penduduk 2010 terdiri dalam bentuk kualitatif atau skor sehingga tidak kuantitatif. Pada bagian ini juga dilakukan analisis dampak perubahan iklim terhadap faktor produksi pertanian. Hasil yang dicapai adalah memodelkan produksi pertanian berdasarkan regionalisasi iklim. Tantangan utama adalah keterbatasan data curah hujan wilayah sehingga pada bagian ini, pemodelan produksi pertanian dilakukan melalui data CHIRPS.

6. Tantangan dan saran

6.1. Pengembangan dari hasil kajian

- Metodologi kajian perubahan produksi akibat adanya perubahan kondisi keragaman iklim dan perubahan iklim menunjukkan bahwa model mampu memberikan magnitude perubahan yang terjadi. Namun demikian diperlukan informasi tambahan untuk menghasilkan produksi hasil proyeksi yang lebih akurat. Penggunaan informasi bahwa perilaku tanaman dalam merespon kondisi air pada saat ini dan dimasa mendatang diasumsikan konstan walaupun pada kondisi riil akan ada perkembangan teknologi terkait dengan hal tersebut
- Hasil kajian risiko ini akan mampu memberikan gambaran tingkat risiko produksi pada keragaman iklim dan perubahan iklim di wilayah kajian. Dengan demikian akan dapat digunakan sebagai salah satu referensi dalam menentukan kebijakan yang sesuai untuk wilayah kajian.

6.2. Pengembangan terhadap metodologi

- Penggunaan metodologi dengan menggunakan informasi sebaran produksi pada berbagai lokasi dengan informasi variabel yang berbedabeda akan mampu meningkatkan akurasi dari model yang digunakan. Keterbatasan informasi produksi untuk masing-masing lokasi menjadi tantangan yang perlu dikembangkan pada periode yang akan datang.
- Metode kalibrasi model menggunakan nilai produksi sudah cukup untuk menghasilkan model yang mampu menggambarkan kondisi riil di lapangan. Namun demikian kalibrasi dengan hanya menggunakan produksi membuat model yang dihasilkan kurang menunjukkan proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Sehingga dalam pengembangannya diperlukan

proses kalibrasi model dengan menggunakan informasi fisik tanaman seperti jumlah daun, tinggi dan lain sebagainya, diartikan dengan memberikan informasi tersebut proses kalibrasi dan hasil yang diperoleh mampu lebih akurat.

- Perlu dilakukan analisis lanjutan untuk menambahkan variabel lain pada pemodelan tanaman.
- Penggunaan aquacrop sebagai model mekanistik simulasi pertanian akan mampu menjadi pembanding dari model yang telah disusun. Model aquacrop memerlukan inputan yang tidak langsung diperoleh dari luaran model iklim. Proses downscaling menjadi salah satu pertimbangan yang diperlukan untuk menghasilkan luaran model yang lebih akurat

Final

Daftar Pustaka

- [BNPB] Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2011. Peraturan Kepala (Perka) BNPB No. 02 Tahun 2011. Badan Nasional Penanggulangan Bencana - Jakarta
- [BNPB] Badan Nasional Penanggulangan Bencana. 2017. InaRisk. Badan Nasional Penanggulangan Bencana - Jakarta
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2016a. Kecamatan Dalam Angka Kabupaten Subang Tahun 2016. Badan Pusat Statistik – Jakarta
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2016b. Sensus Penduduk 2010. Badan Pusat Statistik – Jakarta
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2016c. Sensus Pertanian 2013. Badan Pusat Statistik – Jakarta
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2016d. Survei Potensi Desa 2014. Badan Pusat Statistik – Jakarta
- [WALHI] Wahana Lingkungan Hidup . 2017. Catatan Akhir Tahun Ruang dan Lingkungan Hidup Jawa Barat 2016 : Krisis dan Darurat Bencana Ekologis di Jawa Barat. <http://www.walhijabar.org/2016/12/29/catatan-akhir-tahun-ruang-dan-lingkungan-hidup-jawa-barat-2016-krisis-dan-darurat-bencana-ekologis-di-jawa-barat/> diakses pada 02 Juni 2017
- Bappeda Kabupaten Subang. 2014. Master Plan Kabupaten Subang 2014-2018. Bappeda Kabupaten Subang
- Barnett, J. (2010). "Adapting to climate change: three key challenges for research and policy—an editorial essay." *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change* **1**(3): 314-317.
- Boer, R. et al. 2007: Indonesian Country Report: Climate Variability and Climate Change and Their Implications. Government of Indonesia, Jakarta.
- Chang CP, Wang Z, Ju J, Li T. 2004: On the relationship between western maritime continent monsoon rainfall and ENSO during northern winter. *Journal of Climate* **17**: 665-672.
- Chung, G., K. Lansey, P. Blowers, P. Brooks, W. Ela, S. Stewart, and P. Wilson, 2008: A general water supply planning model: evaluation of decentralized treatment. *Environ Model Softw* **23**(7), 893-905.
- Cline, W. R. (2007). *Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country*. Washington, DC, Center for Global Development and Peterson Institute for International Economics.
- Dewi, N.K. 2005: *Kesesuaian iklim terhadap pertumbuhan tanaman*. **1**, 1-15.
- DR, P., H.-L. A, Y. DN, H. M, and H.-J. S, 2007: Integrating a climate change assessment tool into stakeholder-driven water management decision-making processes in California. *Water Resour Manag* **21**, 315-329.
- Estiningtyas, Woro. 2015. Kerentanan Pangan dan Risiko Iklim Berbasis Sumberdaya Lahan, Iklim dan Air. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Badan Litbang Pertanian – Bogor
- Fadholi, A. dan Dina Supriatin. 2012. Sistem pola tanam di wilayah Priangan berdasarkan klasifikasi iklim Oldeman. *Jurnal Geografi* **12**: 156-164.
- FAO. 1990. *Crop Evapotranspiration-Guideline for Computing Crop Water Requirement*. FAO Corporate Document Repository. <http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e06.htm> diakses pada 01 Agustus 2017
- Fischer, G., et al. (2005). "Socio-economic and climate change impacts on agriculture: an integrated assessment, 1990-2080." *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* **360**(1463): 2067-2083.

- IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- Kusumo P, Evi Nursari. 2016. Zonasi Tingkat Kerawanan Banjir Dengan Sistem Informasi Geografis Pada Das Cidurian Kab.Serang, Banten. *Jurnal String* Vol. 1 No. 1 Tahun 2016 ISSN: 2527 – 9661
- Mendelsohn, R., et al. (2006). "The distributional impact of climate change on rich and poor countries." *Environment and Development Economics* **11**: 159-178.
- Parry, M., et al. (2005). "Climate change, global food supply and risk of hunger." *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* **360**(1463): 2125-2138.
- Perdinan, et al. (2016). Adaptasi perubahan iklim dan ketahanan pangan: telaah inisiatif dan kebijakan. Jakarta, Institute for Essential Service Reform.
- Perdinan and Sofyan (2015). Penyusunan konsep metode kajian risiko bencana terkait iklim: Ringkasan eksekutif, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
- P, R., H. E, and Z. Z, 1992: Simulation of water supply and demand in the Aral Sea. *Region 1*, **17 (2)**, 55–67.
- Peraturan Daerah Kabupaten Subang Nomor 2 tahun 2004 Pasal 70 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Subang
- Perdinan, Atmaja T, Farysca Adi R. 2016. Adaptasi Perubahan Iklim dan Ketahanan Pangan: Telaah Inisiatif dan Kebijakan. IESR – Jakarta
- Perdinan, Atmaja T., Sehabuddin U., Sugiarto Y., Febrianti L. dan Adi R. F., 2017. Deriving vulnerability indicators for crop production regions in Indonesia. doi:10.1088/1755-1315/54/1/012005
- Perdinan, Sofyan, Sugiarto Y., Atmaja T., Adi R.F. 2015. Identifikasi Ketersediaan dan Mekanisme Berbagi Pakai Data Kebencanaan Terkait Iklim. UNDP – Jakarta
- Perdinan, Sofyan, Sugiarto Y., Atmaja T., Adi R.F. 2015. Modul Kajian Risiko Bencana terkait Iklim. UNDP - Jakarta
- Perdinan, Yon Sugiarto, I Putu Santikayasa, Bambang Dwi Dasanto, Ryco Farysca Adi, Tri Atmaja, and Enggar Yustini Arini. 2016. Analisis Adaptasi Perubahan Iklim Kawasan Agropolitan Kabupaten Malang. UNDP – IPB. Bogor
- Perdinan, Yon Sugiarto, Impron, Ujang Sehabudin, Ryco Farysca Adi, Tri Atmaja, Edyanto, Wahyu Sukmana Dewi, Enggar Yustisi Arini. 2015. Pengembangan Metode Kajian Risiko Iklim Fokus Anak. UNICEF - IPB. Bogor
- SEI, 2008: *Water Evaluation and Planning System, tutorial*. Stockholm Environment Institute, Boston Center.
- Seyhan, E. 1995. Dasar-dasar Hidrologi. Gadjah Mada University Press : Yogyakarta.
- Sukirno, Chandra S, Hotmauli S. 2013. Kajian Kerawanan Banjir Das Wawar. Seminar Nasional Sains & Teknologi V Lembaga Penelitian Universitas Lampung
- Yates, D., J. Seiber, D. Purkey, H.-L. A, and G. H, 2005: WEAP21: a demand, priority, and preference driven water planning model: part 2, aiding freshwater ecosystem service evaluation. . *Water Int*, **30 (4)**, 487-500.

Lampiran

Lampiran 1 Daftar Indikator agropolitan beserta pembobotannya. Sumber: Perdinan et al. 2016

Komponen Jaringan Suplai Pangan	Indikator	Bobot	Sub Indikator	Variabel Turunan
Keterpaparan				
Produksi	Kepadatan Penduduk	0.2000	Kepadatan Penduduk	Proporsi penduduk terhadap Luas Wilayah
Produksi	Kepadatan Pekerja Pertanian	0.2000	Kepadatan Pekerja Pertanian	Proporsi Pekerja Pertanian terhadap luas lahan pertanian
Produksi	Keberadaan Bangunan Terdampak	0.2000	Keberadaan Bangunan Kumuh terhadap jumlah pekerja pertanian	Keberadaan Bangunan Kumuh terhadap jumlah pekerja keluarga pertanian
			Keberadaan Bangunan di bantaran sungai terhadap jumlah pekerja pertanian	Keberadaan Bangunan di bantaran sungai terhadap jumlah pekerja keluarga pertanian
Produksi	Rasio luas lahan pertanian pangan terhadap luas wilayah	0.2000	Rasio luas lahan pertanian pangan terhadap luas wilayah	Rasio luas lahan pertanian pangan terhadap luas wilayah
Pasca Panen dan penyimpanan	Pasca Panen dan penyimpanan	0.2000	Fasilitas Bahan Bakar	Fasilitas Bahan Bakar Keluarga
			Sumber dan Pengelolaan Limbah/Pencemar	Kejadian pencemaran
				Pembuangan Limbah
				Sumber Limbah
			Upaya pencegahan pembuangan limbah	Upaya pencegahan pembuangan limbah
Sensitivitas				
Produksi	Sumber Penghasilan Keluarga	0.0500	Sumber Penghasilan Keluarga	Penghasilan Keluarga
				Jenis Komoditi - jika pertanian
Produksi	Penduduk Usia Non Produktif	0.1000	Penduduk Usia Non Produktif	Proporsi penduduk usia non produktif terhadap Jumlah Pekerja Pertanian
Produksi	Pekerja Pertanian	0.1500	Pekerja Pertanian	Proporsi Pekerja pertanian terhadap jumlah seluruh pekerja
				proporsi buruh tani terhadap jumlah seluruh pekerja
Produksi	Produktivitas	0.1500	Produktivitas	Rasio produksi padi dan jagung/luas lahan sawah atau ladang
Pasca Panen dan penyimpanan	Ketergantungan penggunaan air	0.1000	Sumber air keluarga	Sumber air untuk minum/memasak sebagian besar keluarga berasal dari
				Sumber air untuk mandi/cuci sebagian besar keluarga
			Sumber air untuk pengolahan hasil	Keberadaan Sumber Air untuk Aktivitas mandi/cuci (0.5)

				Keberadaan Sumber Air untuk Aktivitas minum/masak (0.5)
Distribusi	Rasio jumlah poktan terhadap luas sawah	0.0500	Rasio jumlah poktan terhadap luas sawah	Rasio jumlah poktan terhadap luas sawah
Konsumsi	konsumsi per kapita beras	0.1250	konsumsi per kapita beras	Konsumsi Per Kapita
Konsumsi	Persentase penduduk miskin	0.1250	Persentase penduduk miskin terhadap jumlah petani	Proporsi keluarga di pemukiman kumuh terhadap jumlah keluarga pertanian
				Proporsi keluarga di bantaran sungai terhadap jumlah keluarga pertanian
Kapasitas Adaptasi				
Produksi	Pembangunan Sektor Pertanian	0.1111	Aktor Pelaksanaan Program Pembangunan	Aktor Pelaksanaan Program Pembangunan
			Penerima Manfaat Program Pembangunan	Penerima Manfaat Program Pembangunan
Produksi	Akses Sarana Produksi Pertanian	0.1111	Akses Sarana Produksi Pertanian	Akses Sarana Produksi Pertanian
Pasca Panen dan penyimpanan	Fasilitas Listrik	0.1111	Fasilitas Listrik	Persentase Keluarga Pegguna Listrik terhadap jumlah keluarga
Pasca Panen dan penyimpanan	Pengelolaah Hasil Pertanian	0.1111	Keberadaan Pabrik/Industri pertanian	Proporsi industri/pabrik pengolahan hasil pertanian terhadap total industri
Pasca Panen dan penyimpanan	Akses Pembiayaan	0.1111	Akses Pembiayaan	Proporsi Koperasi terhadap jumlah tenaga kerja pertanian
				Penerimaan Fasilitas Kredit Masyarakat (Kredit Pertanian)
				Modal usaha pertanian
Distribusi	Akses dan Infrastruktur Jalan	0.1111	Akses dan Infrastruktur Jalan	Akses Jalan
				Infrastruktur Jalan
				Pengembangan Infrastruktur Jalan
Distribusi	Toko sarana produksi dan hasil pertanian	0.1111	Toko sarana produksi dan hasil pertanian	Toko sarana produksi dan hasil pertanian
Distribusi	Pasar	0.1111	Pasar	Infrastruktur Pasar
				Proporsi Pasar Permanen dan Tidak Permanen terhadap jumlah petani
				Pasar Desa (pasar hewan, pelelangan ikan, pelelangan hasil pertanian, dll.)
Konsumsi	PDRB per kapita	0.1111	PDRB per kapita	PDRB per kapita (juta rupiah)

Lampiran 2 Data hasil survei kejadian bencana terkait iklim dan dampaknya pada sektor pertanian di Kabupaten Subang. Sumber: Hasil survei Tim tanggal 7 – 11 Maret 2017 di Kabupaten Subang

Submission Date	Nama Responden (Nama Depan)	Geolokasi	Tipe Vegetasi	Penyakit Tanaman pada Musim Teretentu (Penyakit Tanaman)	Kajadian Bencana
07/03/2017 09:53	Didi Supriadi	-6.56869, 106.75199	Padi Perkebunan	Wereng	kekeringan
08/03/2017 07:10	Mahardika	-6.91746, 107.61912	Padi	Tungro	Kekeringan
09/03/2017 04:12	Sami	-6.46345, 107.88787	Padi dan Tambak	Hujan	Banjir kekeringan
11/03/2017 02:19	Ajat	-6.55318, 107.72811	Padi	Wereng	
11/03/2017 02:39	Encim	-6.55325, 107.72815	Padi	Wereng, penyakit merah pada daun (sunep)	kekeringan
11/03/2017 03:13	Ahlan	-6.50845, 107.67109	Padi dan Perikanan	Wereng	Berak sapi
11/03/2017 04:37	Casdi	-6.36906, 107.66321	Padi dan Tanaman Sayuran	Wereng	
11/03/2017 05:17	Kasim	-6.33122, 107.66117	Padi Ketan	Hama	

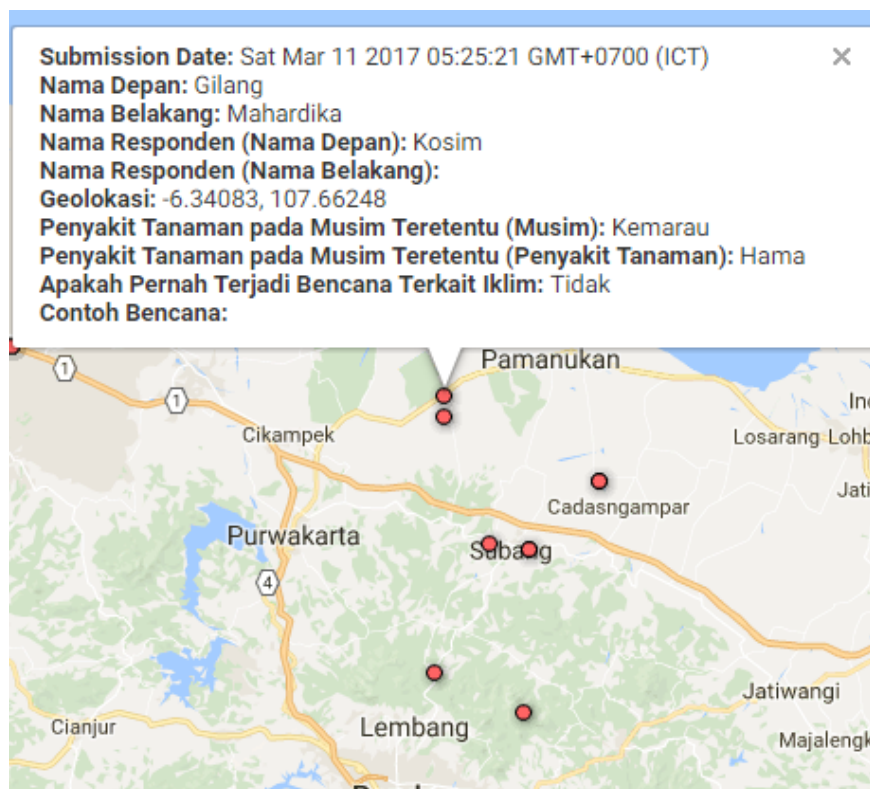
Lampiran 3 Data kejadian bencana terkait iklim di Kabupaten Subang berdasarkan media/berita. Sumber: Kompilasi dari berbagai berita selama 10 tahun terakhir. Sumber: Perdinan et al. 2016

No	Tanggal Kejadian	Lokasi kejadian	Bencana/info iklim	Dampak		
				Korban jiwa/kerugian	Lama Kejadian	Luasan
1	2016/Mei/18	Kecamatan Pagaden Barat, Subang	kekeringan	-	18 mei	-
2	2016/Mei/23	Desa Sukakerti, Cislak, Subang, Jabar	Banjir	6 tewas	23 Mei	-
3	2016/mei/23	Desa Sukakerti, Kecamatan Cislak, Kabupaten Subang	Banjir	3 meninggal, 1 orang hilang, 5 luka berat	22 Mei pukul 21.00	-
4	2016/Mei/23	Kampung Cihideng, Desa Sukakerti, Kecamatan Cislak, Kabupaten subang	banjir	5 tewas/ 6 rusak berat & 16 rusak ringan	22 mei-23 mei	-
5	2016/Mei/24	Desa Sukakerti, Kecamatan Cislak, Kabupaten Subang	Banjir	6 tewas, 7 orang luka	-	-
6	2016/mei/24	Subang	banjir	5 tewas, 6 orang luka berat, 2 orang luka ringan	22 mei pukul 21.00 -29 mei	-
7	2016/mei/24	Sukamukti, Desa sukakerti, kecamatan cislak, kabupaten subang	banjir	388 jiwa mengungsi	22 mei	-
8	2016/Mei/25	Desa Sukakerti, Kecamatan cislak, Subang	banjir	5 tewas, 8 luka berat dan ringan/kerugian Rp 15 miliar	-	-
9	2016/mei/30	Kampung Cihideung Girang dan sukamurti	banjir	-	22 mei	-
10	2016/Agustus/21	Kabupaten Subang	El Nino	-	-	-
11	2015/Juli/5	Kecamatan pamanukan, pusakanagara, pusakaaya, legonkulon, Kabupaten subang	kemarau	-	-	7.000 ha tidak bisa ditanami
12	2015/Agustus/19	Daerah cipunagara, Kabupaten Subang	El Nino	-	-	2.864 ha

13	2015/Oktober/16	Situ Cipagon, Kecamatan Cikaum, Kabupaten Subang	El Nino	-	13 oktober	65-70 hari,
14	2015/Oktober/27	Dusun Sumur Sapi, Desa Tanjung Tiga, Kecamatan Blanakan, Kabupaten Subang	El Nino	-	-	-
15	2014/januari/18	12 kecamatan: pamanukan, blanakan, legonkulon, pusakanagara, pusakajaya, compreng, binong, tambakdahan, ciasem, sukasari, pagaden, dan pabuaran, Pantai utara, kabupaten Subang, Jawa Barat.	Banjir	ribuan rumah dan ratusan areal sawah terendam	18 januari	Ketinggian 50 cm – 2m
16	2014/Januari/20	Kabupaten Subang	Banjir	-	18 Januari-20 Januari	10 cm sampai sampai 120 cm
17	2014/Januari/20	Kabupaten Subang	Banjir	15.090 rumah di 12 kecamatan terendam air	18 Januari-20 Januari	Setinggi 1 meter
18	2013/januari/20	Pabuaran, pagaden, pamanukan, sukasari, ciasem, blanakan, legonkulon, pusakanagara	Banjir	dua orang tewas	-	Setinggi 1 meter
19	2012/Agustus/30	Daerah pantura subang, kecamatan legonkulon, compreng, pusakanagara, pamanukan, pusakajaya, Kecamatan pagaden, binong, pagaden barat.	kekeringan	-	April-juli	1.349 hektare, 136 ha puso, 3.571 ha terancam kering, 1,8 % dari luas total 82.294 ha
20	2011/Januari/18	Kabupaten subang	Banjir	banjir ribuan rumah dan sawah di empat kecamatan	18 januari	Areal sawah setinggi 50-75 cm
21	2011/januari/26	Kabupaten Subang	Longsor	-	26 januari-maret	-
22	2011/April/13	Wilayah pantura, Kabupaten subang	Kekeringan	penyusutan cadangan air irigasi induk Tarum timur	-	84 ribu ha
23	2010/januari/28	Lereng bukit pasir hulunding di dusun babakan pernajaya, Desa/kec cijembe	longsor	4 kambing hilang, mata air tertutup material longsor, Rp 800 juta	27 januari	500 m
24	2010/mei/22	Kampung Cikondang Desa/kec Ciater, Subang.	Banjir	15 bangunan rumah dan penginapan rusak, 15 motor dan 2 mobil ikut hanyut terbawa air, kerugian hotel Rp 250 juta	22 Mei	-
25	2009/januari/19	Desa Muara Kec. Blanakan dan Desa Mayangan, Kecamatan Legon Kulon	Banjir	-	19 januari	200 ha
26	2009/januari/19	Desa Anggasari Kec. Sukasari	Banjir	menggenangi sawah dan rumah warga	19 januari	-
27	2009/januari/19	Desa Tegalurung Kec. Legon	Banjir	-	19 januari	500 hektare

		Kulon				sawah, 200 hektare tambak dan 200 rumah warga.
28	2009/Februari/4	Desa muara kecam atan blanakan subang	Banjir	-	3-4 februari	Ketinggian mencapai 20-50cm
29	2009/juli/26	Kabupaten subang	El Nino	-	-	-
30	2009/Oktober/21	Desa Mayangan, Kecamatan Legon Kulon.s	banjir	-	19-20 oktober	banjir setinggi 0,5 meter.
31	2008/juli/29	Jabar	El Nino	-	-	-

Lampiran 4 Hasil survei menggunakan form online



Lampiran 5 Dokumentasi survei dengan petani lokal



Diskusi dengan Petani di Desa Sukasar Kec Dawuan Kab Subang (Desa dengan potensi Kekeringan)



Mata air di Kabupaten Subang (Curug di Capulaga) Kec Sagalaherang

Kec Sagalaherang memiliki potensi banjir dan kekeringan.



Diskusi dengan Petani di Desa Ciasem Kec Ciasem (Salah satu sentra produksi Padi)



Diskusi dengan Petani (Pengepul) di Kec Sukamandi (Salah satu sentra produksi Padi)