

**KONDISI EKOSISTEM MANGROVE BERDASARKAN INDIKATOR
KUALITAS LINGKUNGAN DAN PENGUKURAN MORFOMETRIK DAUN
DI MUARA SUNGAI BENGAWAN SOLO, UJUNG PANGKAH,
GRESIK, JAWA TIMUR**

Oleh :
MAHMUD
C06497036

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Perikanan



**PROGRAM STUDI ILMU DAN TEKNOLOGI KELAUTAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

Agustus 2002

RINGKASAN SKRIPSI

MAHMUD (C06497036). Kondisi Ekosistem Mangrove Berdasarkan Indikator Kualitas Lingkungan dan Pengukuran Morfometrik Daun di Muara Sungai Bengawan Solo, Ujung Pangkah, Gresik, Jawa Timur. Di Bawah Bimbingan R.Widodo dan Sulistiono.

Pertumbuhan penduduk yang tinggi dan pesatnya pembangunan di wilayah pesisir menyebabkan tekanan ekologis terhadap ekosistem pesisir, khususnya ekosistem mangrove. Hal ini berdampak terhadap kerusakan ekosistem hutan mangrove baik secara langsung maupun tidak langsung. Demikian juga yang terjadi pada hutan mangrove di Jawa Timur, yang telah mengalami kerusakan baik akibat aktivitas manusia maupun secara alami.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas lingkungan mangrove di Muara Sungai Bengawan Solo, Ujung Pangkah, Gresik, Jawa Timur berdasarkan indikator kualitas lingkungan mangrove dan mengetahui kondisi ekosistem mangrove berdasarkan sebaran morfometrik daun mangrove.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli – Desember 2001 di muara sungai Bengawan Solo, Ujung Pangkah, Gresik, Jawa Timur. Lokasi pengamatan terdiri dari 2 komunitas mangrove yaitu : komunitas mangrove di sebelah Utara muara sungai Bengawan Solo dan komunitas mangrove di sebelah Selatan muara sungai Bengawan Solo dengan masing-masing lokasi terdiri dari tujuh stasiun pengamatan.

Data yang diambil meliputi jumlah pohon, belta dan semai dengan menggunakan transek kuadrat ukuran $10 \times 10 \text{ m}^2$, $5 \times 5 \text{ m}^2$ dan $1 \times 1 \text{ m}^2$. Pengambilan data panjang dan lebar daun dilakukan pada daun setiap jenis mangrove yang ditemukan di stasiun pengamatan/transek. Data parameter fisika dan kimia perairan diukur secara insitu meliputi temperatur, salinitas, pH, DO dan substrat tanah.

Analisis data meliputi : Analisis vegetasi mangrove dengan menghitung kerapatan jenis, kerapatan relatif, frekuensi, frekuensi relatif, penutupan jenis, penutupan relatif, dan indeks nilai penting (INP); analisis kualitas lingkungan (Q_e)

mangrove yang di tetapkan berdasarkan indikator kualitas lingkungan (Qi) yang terdiri dari asosiasi spesies yang dominan, persen penutupan pohon, persen penutupan semai dan jumlah jenis semai dengan masing-masing faktor pembobotnya secara berturut-turut sebesar 22, 17, 13, dan 12 (Canter and Hill, 1981); serta analisis morfometrik daun.

Berdasarkan parameter fisik – kimia perairan, temperatur yang terukur pada komunitas mangrove di sebelah utara muara sungai berkisar antara 25 – 29°C, sedangkan pada komunitas di sebelah selatan muara sungai berkisar antara 27 - 31°C. Salinitas pada komunitas di sebelah utara berkisar antara 11 – 16‰, sedangkan pada komunitas di sebelah selatan berkisar 15 – 16‰. pH komunitas mangrove di sebelah utara netral, sedangkan komunitas sebelah selatan berkisar antara 7 – 8. Oksigen terlarut berkisar antara 3,56 – 8,50 mg/l di sebelah utara muara sungai, dan 0,42 – 8,00 di sebelah selatan muara sungai. Adapun substrat mangrove di Muara Sungai Bengawan Solo adalah liat dan liat berdebu. Secara keseluruhan nilai parameter fisika – kimia perairan mangrove di muara sungai Bengawan Solo berada pada kisaran ideal.

Jenis vegetasi yang ditemukan di lokasi penelitian adalah *Avicennia marina*, *Avicennia alba*, dan *Sonneratia caseolaris*. Komposisi pohon, semai, dan belta di sebelah utara muara sungai Bengawan Solo didominasi oleh *Avicennia marina*. Komposisi pohon dan belta di sebelah selatan muara sungai Bengawan Solo lebih banyak *Avicennia marina*, sedangkan komposisi semai didominasi oleh *Avicennia alba*. Tidak ditemukan semai *Sonneratia caseolaris* baik di sebelah utara maupun di sebelah selatan muara sungai Bengawan Solo. Kerapatan semai di kedua lokasi penelitian lebih banyak dibandingkan kerapatan pohon dan belta. Kondisi ini menunjukkan adanya proses regenerasi alam yang baik.

Nilai kualitas lingkungan mangrove (Qe) berdasarkan nilai indeks kualitas lahan mangrove yaitu 67,41% untuk lokasi pengamatan di sebelah utara dan 68,34% di sebelah selatan. Nilai ini menunjukkan bahwa di lokasi pengamatan memiliki kisaran kualitas lingkungan yang tinggi. Nilai kualitas lingkungan yang tinggi dapat dikatakan bahwa kondisi lingkungan di lokasi pengamatan baik.



KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan ke hadirat Illahi Robbi, karena atas segala rahmat, hidayah dan ijin dari-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penyusunan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Judul skripsi yang diambil penulis yaitu **“Kondisi Ekosistem Mangrove Berdasarkan Indikator Kualitas Lingkungan Dan Pengukuran Morfometrik Daun Di Muara Sungai Bengawan Solo Ujung Pangkah, Gresik, Jawa Timur ”**.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam penyusunan skripsi ini, terutama kepada Bapak Ir. R. Widodo dan Dr. Ir. Sulistiono M.Sc selaku komisi pembimbing atas segala arahan, bimbingan dan dorongan yang diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa skripsi dari hasil penelitian ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk menuju suatu yang lebih baik. Terakhir penulis berharap skripsi ini dapat memberikan sumbangan yang berarti bagi perkembangan dunia perikanan dan kelautan Indonesia di masa yang akan datang.

Bogor, Agustus 2002

Mahmud S.Pi

TERIMA KASIH

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan kesempatan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini. Selama penyusunan skripsi ini, penulis telah banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Untuk karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mempersembahkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

- ① *Emas Sareng Bapa*, yang senantiasa selalu memberikan nasehat dan do'a, serta bantuan moral maupun materil.
- ① *Aa Dadang, Teh Iting, Teh Eros dan Lia "Inem"* juga seluruh keluarga di kampung atas segala do'a, dorongan serta bantuannya.
- ① Bapak Ir. R. Widodo dan Bapak Dr. Ir. Sulistiono M.Sc selaku komisi pembimbing yang telah memberikan saran dan masukkan serta bantuannya.
- ① Ibu Ir. Muzijat Kawaroe M.Si selaku dosen penguji tamu dan Ibu Dra. Bintang Marhaeni M.Si selaku dosen penguji dari program studi yang telah memberikan kritik, saran, dan masukkan yang membangun dalam melengkapi skripsi ini.
- ① Bapak Dr. Ir. Indra Jaya M.Sc selaku Pembantu Dekan I dan Bapak Dr. Ir. Richardus Kaswadji M.Sc selaku Ketua Program Studi.
- ① Seluruh dosen dan staf di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, terutama TU ITK; *Mba Yanti, Mba Dedeh, Pak Danu* serta *Pak Yayat* yang telah membantu jalannya Sidang.
- ① *Yayanku tercinta "Iis"* yang telah memberikan "*spirit*" baik dalam suka maupun duka.
- ① *Indah* yang mengurus konsumsi dari mulai seminar sampai ujian Sidang and Sri di kampung halamannya Sumedang.



Ⓜ Kawan-kawan senasib dan sepenanggungan dalam penelitian *Yono, Ucup, Ondong, Fauzan dan bang Abu*, terima kasih atas kebersamaan dan kerjasama dalam penyusunan skripsi, serta masukkan kepada penulis.

Ⓜ @doen, @buy, @te, Edoy, Dedot For "MDC Crew" and konco-konco "fuku-fuku". *Dina, Yoshi, Denti, Inoy, Ika, Susi, Keken*, serta *teman-teman '34* atas segala kebersamaan dan bantuannya selama ini.

Ⓜ "Keluarga Besar Jaya Giri". *Kusmayadi, Kusnadi, Oman, Ibu, Aa, Ute, Apid, Opi, Om Edo, Teh Neneng*, serta "Si Kecil" *Abiyyu* atas segala kebersamaannya selama ini.

Ⓜ Buat semua "ITKers" semoga kompak selalu.

Masih banyak lagi nama-nama yang belum penulis sebutkan satu persatu. Namun penulis tetap berdoa semoga amal baik yang telah diberikan kepada penulis, mendapat balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	2
1.3. Manfaat	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Deskripsi Mangrove	3
2.2. Karakteristik, Morfometrik dan Fisiologi Vegetasi Mangrove	4
2.2.1. Sistem Perakaran	4
2.2.2. Daun	5
2.2.3. Buah	6
2.3. Zonasi Mangrove	7
2.4. Komposisi Fauna	8
2.5. Manfaat Mangrove	8
2.6. Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Mangrove	9
2.6.1. Tanah	9
2.6.2. Salinitas	9
2.6.3. Iklim	10
2.6.3.1. Cahaya	10
2.6.3.2. Curah Hujan	10
2.6.3.3. Temperatur	10
2.6.4. Oksigen Terlarut (DO)	11
2.6.5. Zat hara (Nutrien)	11
2.6.6. Derajat Keasaman (pH)	12
2.7. Kondisi Ekosistem Mangrove	12
2.8. Stress pada Ekosistem Mangrove	12

III. METODOLOGI

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian 14

3.2. Alat dan Bahan 14

3.3. Metode Penelitian 14

 3.3.1. Penentuan Letak Stasiun Pengamatan 14

 3.3.2. Metode Pengambilan Data 15

3.4. Analisa Data 15

 3.4.1. Analisa Vegetasi Mangrove 16

 3.4.1.1. Kerapatan Jenis 16

 3.4.1.2. kerapatan Relatif 16

 3.4.1.3. Frekuensi 17

 3.4.1.4. Frekuensi Relatif 17

 3.4.1.5. Penutupan Jenis 17

 3.4.1.6. Penutupan Relatif 18

 3.4.1.7. Indeks Nilai Penting (INP) 18

 3.4.2. Indikator Kualitas Lingkungan Mangrove 18

 3.4.2.1. Persentase Penutupan Pohon 19

 3.4.2.2. Persentase Penutupan Semai 19

 3.4.3. Kondisi Mangrove Berdasarkan Morfometrik Pertumbuhan Daun. 22

 3.4.3.1. Jumlah Populasi Morfometrik Daun Mangrove 22

 3.4.3.2. Pemencaran Nilai-nilai Morfometrik Daun Mangrove 23

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Keadaan Umum Lokasi 25

4.2. Parameter Lingkungan Mangrove di Muara Sungai Bengawan Solo 27

4.3. Komposisi dan Kepadatan Vegetasi Mangrove 29

4.4. Indikator Kualitas Lingkungan Mangrove 30

4.5. Kondisi Ekosistem Mangrove Berdasarkan Morfometrik Daun 31

 4.5.1. Mangrove Jenis *Avicennia alba* 32

 4.5.2. Mangrove Jenis *Avicennia marina* 33

 4.5.3. Mangrove Jenis *Sonneratia caseolaris* 35

V. KESIMPULAN DAN SARAN

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

No.	<i>Teks</i>	Halaman
1.	Unit dan Metode yang Digunakan	14
2.	Empat Indikator Kualitas Lingkungan Mangrove	19
3.	Parameter Fisika, Kimia dan Substrat Mangrove di Muara Sungai Bengawan Solo	27

DAFTAR GAMBAR

No.	<i>Teks</i>	Halaman
1.	Akar Pohon Mangrove	4
2.	Daun Mangrove	5
3.	Buah Mangrove	6
4.	Daur Hidup Jenis Mangrove Tertentu	6
5.	Peta Lokasi Stasiun Pengamatan	15
5.	Pengukuran Panjang dan Lebar Daun Mangrove	16
6.	Peta Lokasi Penelitian Ujung Pangkah	26

DAFTAR LAMPIRAN

No.	<i>Teks</i>	Halaman
1.	Pembagian Selang Kelas dan Persentase Kumulatif Morfometrik Daun <i>Avicennia alba</i>	42
2.	Pembagian Selang Kelas dan Persentase Kumulatif Morfometrik Daun <i>Avicennia marina</i>	43
3.	Pembagian Selang Kelas dan Persentase Kumulatif Morfometrik Daun <i>Sonneratia caseolaris</i>	44
4.	Tabel RDi, RCi, RFI dan INP dari Pohon, Belta dan Semai di muara Sungai Bengawan Solo	45
5.	Perhitungan Indikator Kualitas Lingkungan Mangrove	47
6.	Jumlah Jenis Mangrove dan Jumlah Pohon, Belta dan Semai	48
7.	Nilai Rataan, Simpangan Baku dan Koefisien Keragaman	49
8.	Kandungan Tekstur Substrat Mangrove	50
9.	Foto Individu Mangrove yang ditemukan di Lokasi Penelitian	51

maupun tidak langsung. Demikian juga dengan hutan mangrove di Jawa Timur yang telah mengalami kerusakan, baik sebagai akibat oleh aktivitas manusia maupun kerusakan secara alami. Kerusakan yang disebabkan oleh aktivitas manusia diantaranya adalah pembangunan infrastruktur, pertanian, tambak, urbanisasi dan aktivitas industri atau komersial lainnya.

Perlu adanya suatu proses rehabilitasi hutan mangrove yang dalam hal ini telah dilaksanakan oleh JICA bekerja sama dengan Departemen Kehutanan dan Perkebunan dimulai sejak tahun 1992. Selanjutnya perlu diketahui tingkat pertumbuhan dan kesehatan hutan mangrove tersebut.

1.2. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa kualitas lingkungan mangrove berdasarkan indikator kualitas lingkungan mangrove dan mengetahui kondisi kesehatan mangrove berdasarkan sebaran morfometrik daun mangrove di Muara Sungai Bengawan Solo Ujung Pangkah, Gresik, Jawa Timur.

1.3. Manfaat

Mengetahui sejauh mana pengaruh yang ditimbulkan oleh berbagai aktivitas manusia yang berada di sekitar hutan mangrove, sehingga dapat lebih bijaksana dalam melaksanakan pembangunan di daerah pesisir khususnya hutan mangrove.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Deskripsi Mangrove

Istilah mangrove merupakan perpaduan antara bahasa Portugis *mangue* dan bahasa Inggris *grove* (Macnae dalam Abdullah *et al.*, 1993). Menurut Nybakken (1992), hutan mangrove (bakau) adalah sebutan umum yang digunakan untuk menggambarkan suatu varietas komunitas pantai tropik yang didominasi oleh beberapa spesies pohon yang khas atau semak-semak yang mempunyai kemampuan untuk tumbuh dalam perairan asin. Soerianegara (1987) mendefinisikan hutan mangrove sebagai hutan yang tumbuh terutama pada tanah lumpur alluvial di daerah pantai dan di muara sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut.

Hutan mangrove tumbuh dengan baik pada zona pasang surut sepanjang garis pantai daerah tropis, seperti laguna, rawa, delta, dan muara sungai. Sebagian besar mangrove dijumpai di sepanjang garis pantai yang ber substrat lumpur yang terbebas dari pengaruh angin dan arus yang kuat. Mangrove juga dapat tumbuh pada pantai berpasir, pantai yang terdapat terumbu karang, dan disekitar pulau-pulau (Kitamura *et al.*, 1997).

Tomlinson dalam Kitamura *et al.*, (1997), membagi spesies mangrove menjadi tiga kelompok, yaitu:

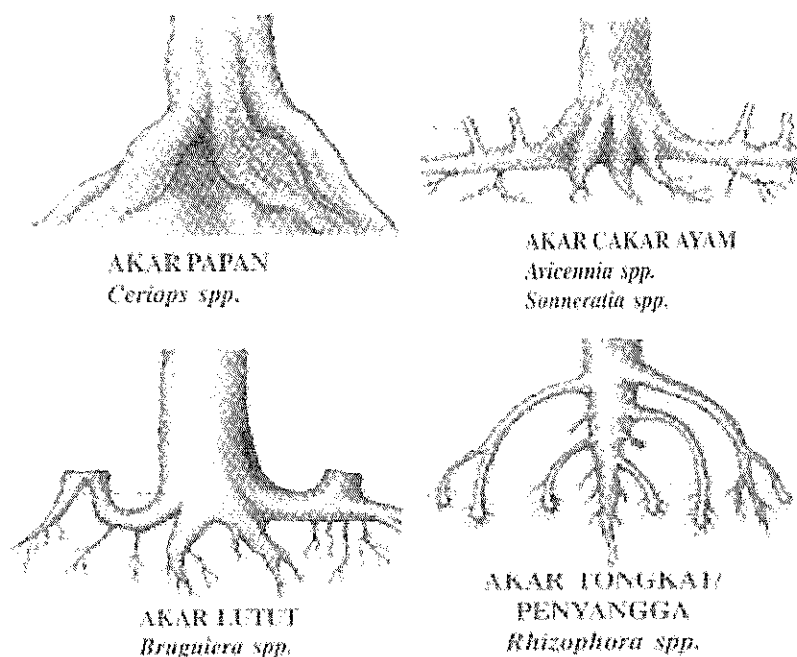
1. Komponen mayor, yaitu spesies yang mengembangkan karakteristik morfologi yang berupa akar udara dan mekanisme fisiologi yang berupa kelenjar garam untuk beradaptasi terhadap kondisi lingkungannya. Jenis mangrove yang memiliki kelenjar garam antara lain : *Rhizophora* sp, *Ceriops* sp, *Avicennia* sp, *Bruguiera* sp, dan *Sonneratia* sp.
2. Komponen minor (tumbuhan pantai), yaitu spesies yang tidak menonjol, dapat tumbuh di sekeliling habitat. Jenis-jenis yang termasuk dalam komponen minor misalnya *Spinifex litoreus* (gulung-gulung), *Ipomoea-pes caprae* (katang-katang).

3. Asosiasi mangrove, jenis yang tidak tumbuh pada komunitas mangrove yang sesungguhnya dan dapat tumbuh pada tanah daratan (*terrestrial*). Jenis-jenis yang termasuk asosiasi mangrove misalnya *Terminalia catappa* (ketapang) dan *Carbera manghas* (bintaro).

2.2. Karakteristik, Morfologi dan Fisiologi Vegetasi Mangrove

2.2.1. Sistem Perakaran

Beberapa mangrove mengembangkan sistem perakaran yang dinamakan akar udara untuk menghadapi kondisi anaerob pada saat tergenang air laut (pasang). Akar udara ini berfungsi sebagai tempat pertukaran dan penyimpanan udara untuk keperluan respirasi (Kitamura *et al.*, 1997; Nybakken, 1992). Selain itu akar juga digunakan dalam proses akumulasi garam pada jenis *Avicennia* sp, *Rhizophora* sp, *Lumnitzera* sp, *Sonneratia* sp, *Xylocarpus* sp, dan *Exoecaria* sp (Atkinson *et al*, dalam Hutching dan Saenger, 1987) dan sebagai tempat menyaring garam (*ultra filter*) pada *Rhizophora* sp, *Ceriops* sp, *Avicennia* sp, *Sonneratia* sp, *Bruguiera* sp, dan *Exoecaria* sp (Scholander dalam Hutching dan Saenger, 1987). Beberapa bentuk akar pada pohon mangrove dapat dilihat pada Gambar 1.



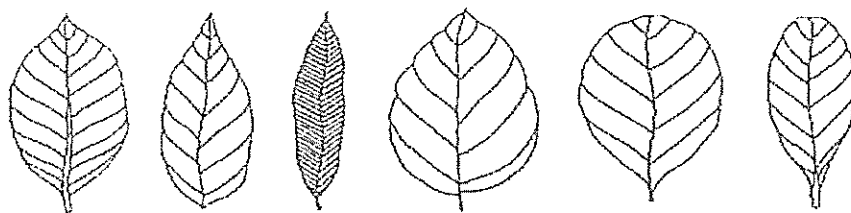
Gambar 1. Akar Pohon Mangrove (Bengen, 2000)

- a. Akar Papan (*Buttres*) ; Akar berbentuk seperti papan miring yang tumbuh pada bagian bawah batang dan berfungsi sebagai penunjang pohon.
- b. Akar Cakar Ayam (*Pneumatophore*); Akar yang tumbuhnya tegak, muncul dari dalam tanah, pada kulitnya terdapat celah-celah kecil yang berguna untuk pernafasan.
- c. Akar Tongkat (*Still-root*) ; Akar yang tumbuh dari batang di atas permukaan dan kemudian memasuki tanah, biasanya berfungsi untuk penunjang mekanis.
- d. Akar Lutut (*Knee-root*) ; Akar yang muncul dari tanah kemudian melengkung ke bawah sehingga bentuknya menyerupai lutut.

2.2.2. Daun

Daun merupakan salah satu sumber serasah di hutan mangrove yang akan dimanfaatkan oleh kepiting dan sebagian lagi akan diurai oleh bakteri dan jamur menjadi zat nutrisi yang dibutuhkan oleh hewan-hewan lain yang berada di sekitar mangrove (Ecoton, 1998).

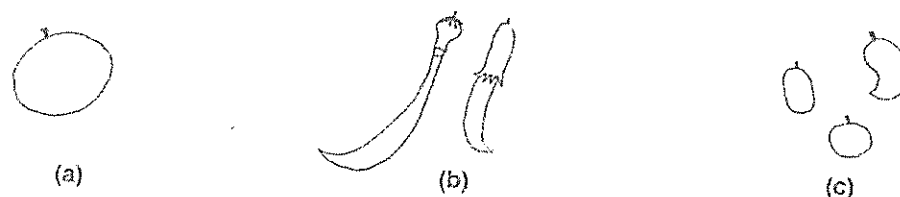
Bengen (1999) menyatakan bahwa daun mangrove memiliki sel-sel khusus yang berfungsi untuk menyimpan garam, daun yang tebal dan kuat untuk mengatur keseimbangan garam dan memiliki struktur stomata khusus untuk mengurangi penguapan. Daun mangrove dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Daun Mangrove (Noor *et al.*, 1999)

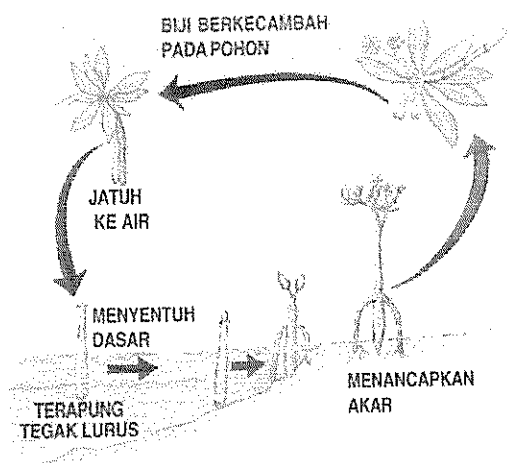
2.2.3. Buah

Semua jenis mangrove menghasilkan buah yang penyebarannya dilakukan oleh air (arus). *Avicennia* sp mempunyai bentuk buah seperti biji buncis, *Sonneratia* sp dan *Xylocarpus* sp mempunyai bentuk buah seperti bola yang terdiri dari perkecambahan normal. Bentuk buah spesies lainnya adalah seperti kapsul yang berkecambah secara normal (Kitamura *et al.*, 1997).



Gambar 3. Buah Mangrove (Kitamura *et al.*, 1997)

Famili Rhizophoraceae (*Rhizophora* sp, *Ceriops* sp, *Bruguiera* sp dan *Kandelia* sp) memiliki hipokotil berbentuk silindris/tongkat yang biasanya dinamakan vivipar. Hipokotil merupakan biji yang sudah berkecambah dan ketika jatuh akan menjadi individu baru. Biji tersebut mengapung sehingga penyebarannya dengan mudah dibantu oleh angin serta arus. Ketika menemukan substrat yang sesuai, biji tersebut akan tumbuh menjadi vegetasi baru (Kitamura *et al.*, 1997). Proses perkecambahan biji pada Famili Rhizophoraceae dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Daur Hidup Jenis Mangrove Tertentu

2.3. Zonasi Mangrove

Hutan mangrove bersifat kompleks dan dinamis namun labil. Kompleks, karena di dalam hutan mangrove dan perairan maupun tanah di bawahnya merupakan habitat berbagai jenis satwa daratan dan biota perairan. Dinamis, karena hutan mangrove dapat terus tumbuh dan berkembang serta mengalami suksesi dan perubahan zonasi sesuai dengan perubahan tempat tumbuh. Labil, karena mudah sekali rusak dan sulit untuk pulih kembali (Nugroho *dalam* Artiansah, 1993).

Zona vegetasi mangrove ditentukan oleh beberapa faktor penting seperti kondisi jenis tanah dan genangan pasang surut. Menurut Bengen (1999), zonasi hutan mangrove meliputi :

1. Daerah yang paling dekat dengan laut, dengan substrat agak berpasir, sering ditumbuhi oleh *Avicennia* sp. Pada zona ini biasa berasosiasi *Sonneratia* sp yang dominan tumbuh pada lumpur dalam yang kaya bahan organik.
2. Lebih ke arah darat, hutan mangrove umumnya didominasi oleh *Rhizophora* sp. Di zona ini juga dijumpai *Bruguiera* sp dan *Xylocarpus* sp.
3. Zona berikutnya didominasi oleh *Bruguiera* sp.
4. Zona transisi antara hutan mangrove dengan hutan dataran rendah biasa ditumbuhi oleh *Nypa fruticans* dan beberapa spesies palem lainnya.

Sedangkan menurut Noor, dkk (1999), zona vegetasi mangrove yang berkaitan dengan pasang surut meliputi :

1. Areal yang selalu digenangi walaupun pada saat pasang rendah umumnya didominasi oleh *Avicennia* sp atau *Sonneratia* sp.
2. Areal yang digenangi oleh pasang sedang didominasi oleh jenis-jenis *Rhizophora* sp.
3. Areal yang digenangi hanya saat pasang tinggi, yang mana areal ini lebih ke daratan, umumnya didominasi oleh jenis *Bruguiera* sp dan *Xylocarpus* sp.
4. Areal yang digenangi hanya pada saat pasang tertinggi (hanya beberapa hari dalam sebulan) umumnya didominasi oleh *Bruguiera sexangula* dan *Lumnitzera littorea*.

2.4. Komposisi Fauna

Sejak daerah mangrove merupakan suatu lingkungan hidup yang bersifat setengah darat (semi terrestrial) dan setengah laut (semi marine), mereka dapat dihuni oleh bermacam-macam fauna. Hewan darat termasuk serangga seperti fireflies (jenis kumbang yang dapat mengeluarkan cahaya), kera pemakan daun-daunan yang suka hidup dibawah naungan pohon-pohon, ular dan golongan binatang melata lainnya. Hewan laut diwakili oleh golongan epifauna yang beranekaragam dimana hidupnya menempel pada batang-batang pohon, dan golongan infauna yang tinggal di dalam lapisan tanah atau lumpur (Hutabarat dan Evans, 1985).

Fauna hutan mangrove dapat dibagi ke dalam dua bagian (Anwar *et.al.* 1984) :

1. Komponen yang mutlak hidup di dekat atau dalam air (aquatik) yaitu kepiting, siput, kerang, cacing, ikan dan hewan lainnya yang hidupnya langsung tergantung dari laut
2. Komponen yang hidup di daratan yang terdiri dari serangga, laba-laba, ular, kadal, tikus dan burung yang hidupnya tidak tergantung dari laut.

2.5. Manfaat Mangrove

Dari segi biologi mangrove berfungsi sebagai pemelihara keanekaragaman fauna dan sumber aliran energi utama di daerah hutan mangrove dan sekitarnya (Sumich, 1992). Ekosistem mangrove menyokong kehidupan berbagai fauna karena merupakan sumber makanan dan tempat untuk hidup serta memijah. Hal tersebut dapat dilihat dari beranekaragamnya fauna yang tergantung pada ekosistem ini baik langsung maupun tak langsung (Ecoton, 1998).

Secara fisik, hutan mangrove menjaga garis pantai agar tetap stabil, melindungi pantai, tebing sungai, mencegah intrusi air garam ke darat, sebagai perangkap zat-zat pencemar dan limbah serta sebagai kawasan penahan air (Ecoton 1998). Struktur akar mangrove yang kusut menjadi perangkap bagi sedimen yang ada di sekitarnya (Sumich, 1992). Vegetasi mangrove yang umumnya tumbuh pada daerah muara yang merupakan daerah penumpukan sedimen yang berasal dari sungai memiliki

kemampuan untuk menyerap dan memanfaatkan logam berat yang terkandung di dalam substratnya.

Fungsi mangrove dari segi ekonomi yaitu dapat dilihat dari pemanfaatannya oleh masyarakat yang tinggal di sekitar hutan mangrove. Tercatat sekitar 67 produk yang dapat dimanfaatkan dari hutan mangrove, misalnya untuk bahan bakar, bahan bangunan, alat penangkap ikan, tanin untuk menyamak kulit, bahan tekstil, makanan, minuman, obat-obatan, peralatan rumah tangga, pertanian, dan lain-lain (Aksornkoae, 1993). Menurut Sumich (1992) pemanfaatan hutan mangrove antara lain untuk kepentingan perdagangan, industri pariwisata, pertanian, produksi hutan, pemukiman, industri, dan fasilitas perkapalan walau beberapa kegiatan tersebut dapat mengganggu daerah estuari dan menyebabkan berkurangnya jenis spesies yang hidup di sana.

2.6. Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Mangrove

2.6.1. Tanah

Tanah mangrove terbentuk dari akumulasi sedimen yang berasal dari sungai, pantai atau erosi tanah yang terbawa dari dataran tinggi sepanjang sungai atau kanal. Soerianegara (1971) menyatakan bahwa tanah hutan mangrove umumnya kaya akan bahan organik. Menurut Aksornkoae (1993), karakteristik tanah merupakan faktor pembatas utama terhadap pertumbuhan dan distribusi pertumbuhan di dalam mangrove. Steenis *dalam* Aksornkoae (1993) melaporkan bahwa *Rhizophora mucronata* dapat tumbuh dengan baik pada tanah yang relatif dalam dan berlumpur. Gledhill *dalam* Aksornkoae (1993) menemukan bahwa asosiasi *Avicennia marina* dan *Bruguiera* sp tumbuh pada tanah lumpur berpasir, tegakan *Avicennia* sp pada petak berlumpur dan *Bruguiera* Sp di sepanjang tepi sungai berlumpur.

2.6.2. Salinitas

Nybakken (1988) mendefinisikan salinitas sebagai jumlah garam yang terlarut dalam satu kilogram air laut. Pada umumnya tumbuhan mangrove hidup dan tumbuh dengan baik di estuaria dengan kisaran salinitas antara 10 - 30‰ (De Haan, 1931 *dalam* Aksornkoae, 1993), namun beberapa jenis mangrove memiliki kemampuan hidup pada kisaran salinitas yang lebih tinggi. Salinitas optimum untuk mangrove

dapat hidup dan berkembang adalah 28 - 34‰. Apabila nilai salinitas kurang dari 28‰, maka pertumbuhan mangrove akan mengalami kemunduran (Aksornkoe *et al.* dalam Aksornkoe, 1993).

Jordan dalam Aksornkoe (1993) mencatat bahwa *Avicennia* sp memiliki toleransi yang tinggi terhadap garam, sedangkan *Bruguiera gymnorrhiza* ditemukan pada daerah dengan salinitas 10 - 20‰. Wells dalam Aksornkoe (1993) melaporkan di Australia, *Avicennia marina* dapat tumbuh dengan tingkat salinitas maksimum 85‰, sedangkan *Bruguiera* sp dapat tumbuh dengan salinitas tidak lebih dari 37‰.

2.6.3. Iklim

2.6.3.1. Cahaya

Cahaya merupakan faktor yang penting dalam proses fotosintesa. Pada umumnya tumbuhan mangrove membutuhkan intensitas cahaya yang tinggi (MacNae dalam Aksornkoe, 1993). Hal ini menyebabkan zona pantai tropis merupakan suatu habitat yang ideal. Kisaran intensitas cahaya yang optimal bagi pertumbuhan mangrove adalah 3000 - 3800 Kcal/m²/hari.

2.6.3.2. Curah Hujan

Jumlah, lama dan distribusi curah hujan merupakan faktor penting yang mengatur perkembangan dan penyebaran tumbuhan. Pada umumnya tumbuhan mangrove tumbuh baik pada daerah dengan kisaran 1500-3000 mm/tahun. Namun demikian tumbuhan mangrove dapat juga ditemukan pada daerah dengan curah hujan 4000 mm/tahun, yang tersebar antara 8 - 10 bulan dalam setahun (Aksornkoe, 1993).

2.6.3.3. Temperatur

Temperatur merupakan faktor penting dalam proses fisiologi tumbuhan seperti fotosintesis dan respirasi. Pada umumnya temperatur yang cocok bagi produksi daun mangrove adalah temperatur rata-rata di daerah tropis (Aksornkoe, 1993). Hutchings dan Saenger (1987) menyatakan bahwa *Avicennia marina* yang ada di Australia memproduksi daun baru pada temperatur 18^o - 28^oC, dan bila lebih tinggi temperaturnya, maka laju produksi daun baru akan lebih rendah.

2.6.4. Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut (DO) sangat penting untuk keberadaan tumbuhan dan hewan pada hutan mangrove, khususnya dalam proses respirasi dan fotosintesis. DO juga penting dalam penguraian serasah dalam ekosistem mangrove. Tanah pada hutan mangrove yang berlumpur dan jenuh dengan air mengandung DO yang rendah bahkan tidak mengandung DO. Untuk mengatasi kondisi ini, tumbuhan mangrove beradaptasi secara fisiologis melalui akarnya yaitu akar cakar ayam pada *Avicennia* sp, akar tongkat pada *Rhizophora* sp, akar lutut pada *Bruguiera* sp (Aksornkoae, 1978).

Konsentrasi oksigen terlarut (DO) di ekosistem mangrove bervariasi menurut daerah dan zonasinya. Konsentrasi oksigen terlarut di sekitar muara sungai berkisar antara 3,8 – 7,3 mg/l (Hungsprengs, 1988 dalam Aksornkoae, 1993). Dengan demikian konsentrasi oksigen terlarut bervariasi menurut waktu musim dan kekayaan tumbuhan serta organisme air di mangrove.

2.6.5. Zat Hara (Nutrien)

Aksornkoae (1993) menyatakan bahwa zat hara merupakan faktor penting dalam keseimbangan ekosistem mangrove. Zat hara pada ekosistem ini dibagi kedalam dua kelompok, yaitu:

1. Hara anorganik, contoh : N, P, K, Mg, Cl, dan Na. Sumber utamanya antara lain dari hujan, limpasan sungai, endapan, air laut dan bahan organik yang terurai di mangrove.
2. Hara detritus organik, merupakan bahan organik yang berasal dari bioorganik yang melalui beberapa tahap pada proses mikrobial. Ada dua sumber hara detritus organik yaitu : *autochthonous* seperti fitoplankton, diatom, bakteri, algae pada pohon atau akar dari tanaman lain di mangrove, dan *allochthonous* seperti partikel dari aliran sungai, partikel tanah dari erosi darat, tanaman dan hewan yang mati di daerah pesisir atau laut.

2.6.6. Derajat Keasaman (pH)

Nilai pH suatu perairan mencerminkan keseimbangan antara asam dan basa dalam air. Nilai pH perairan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain aktifitas fotosintesis, aktivitas biologi, temperatur, kandungan oksigen, dan adanya kation serta anion dalam perairan (Aksornkoae and wattayakorn, 1987 *dalam* Aksornkoae, 1993).

Hesse *dalam* Aksornkoae (1993) melaporkan bahwa komunitas *Rhizopora* sp dan *Avicennia* sp hidup pada tanah dengan pH 6,6 dan 6,2 ketika dalam keadaan penuh air, tetapi pada keadaan kering pH akan berkurang menjadi 4,6 dan 5,7 untuk *Avicennia* sp.

2.7. Kondisi Ekosistem Mangrove

Menurut Lugo *dalam* Barret and Rosenberg (1981) panjang dan lebar atau rasio daun merupakan salah satu indikator ekosistem mangrove yang tertekan atau stress. Tekanan tersebut dapat diakibatkan oleh beberapa faktor maupun kondisi yang dihadapi oleh suatu sistem. Daun dijadikan sebagai indikator kesehatan karena dapat mengalami perubahan bentuk yang ditunjukkan oleh adanya variasi bentuk daun mangrove yang menyimpang dari bentuk daun yang sempurna. Dua tipe perubahan bentuk daun mangrove yang biasa dijumpai yaitu :

1. Daun yang keriting
2. Perubahan kesimetrisan daun (berkaitan dengan morfometrik atau perbandingan panjang dan lebar daun)

Vegetasi ekosistem mangrove yang sehat memiliki jumlah populasi morfometrik yang sedikit.

2.8. Stress Pada Ekosistem Mangrove

Stress adalah suatu kondisi yang disebabkan oleh adanya perubahan ekosistem atau adanya faktor-faktor yang menyebabkan menurunnya produktifitas (Saenger dan Holmes, 1992). Stress pada lingkungan (*environmental stress*) adalah istilah yang digunakan untuk mengacu pada faktor-faktor eksternal maupun internal yang

membatasi aktifitas organisme yang berhubungan dengan generasi berikutnya, aktifitas-aktifitas yang dipengaruhi oleh kondisi fisiologis dan aktifitas yang berpengaruh terhadap struktur dan proses-proses dalam populasi, komunitas dan ekosistem (Forbes dan Depledge, 1996). Menurut Lugo dan Snedaker (1974), pada keadaan stress yang kronik atau akut unit-unit biologi tertentu tidak dapat lagi menjaga siklus hidup normalnya atau menjaga posisinya di dalam komunitas, akibatnya penggantian oleh organisme yang dapat beradaptasi dengan lebih baik.

Pada ekosistem mangrove, stress yang disebabkan oleh manusia hampir sama dengan stress alami dimana ekosistem atau spesies kemungkinan dapat beradaptasi secara alami. Stress ini cenderung tidak selektif, kadang dengan intensitas tinggi atau mendeteksi periode normal dari proses alami. Stress pada ekosistem mangrove dapat menyebabkan percepatan proses alam seperti respirasi, remineralisasi, atau perpindahan bahan organik. Selain itu stress juga dapat menyebabkan terjadinya hubungan pendek pada aliran energi di alam, dan bahkan hilangnya aliran energi tersebut (Lugo dan Snedaker, 1974).

Ada beberapa faktor penyebab stress pada ekosistem mangrove yaitu; (1). Pembuatan saluran, drainase, dan pengendapan; (2). Topan dan Herbisida (3). Peningkatan temperatur (Lugo dan Snedaker, 1974).

Menurut Canter *dalam* Lugo dan Snedaker (1974), pembuatan saluran, drainase dan pengendapan analog dengan proses geomorfologi. Pembuatan saluran dan drainase mengalihkan aliran terestial, mengubah sirkulasi estuaria dan pola pasang surut yang dapat menyebabkan perubahan periode air dan salinitas.

III. METODOLOGI

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli - Desember 2001. Penelitian berlokasi di Muara Sungai Bengawan Solo Desa Ujung Pangkah, Kecamatan Ujung Pangkah Kulon, Kabupaten Gresik, Propinsi Jawa Timur.

3.2. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang diperlukan dalam penelitian ini digunakan untuk mengukur parameter fisika, kimia dan biologi mangrove. Alat dan bahan yang digunakan adalah meteran ukur, kamera, penggaris, parallon dengan diameter 4 inchi, refraktometer, termometer, daun mangrove, plastik untuk menyimpan daun dan alat tulis (Tabel 1).

Tabel 1. Unit dan Metode yang Digunakan

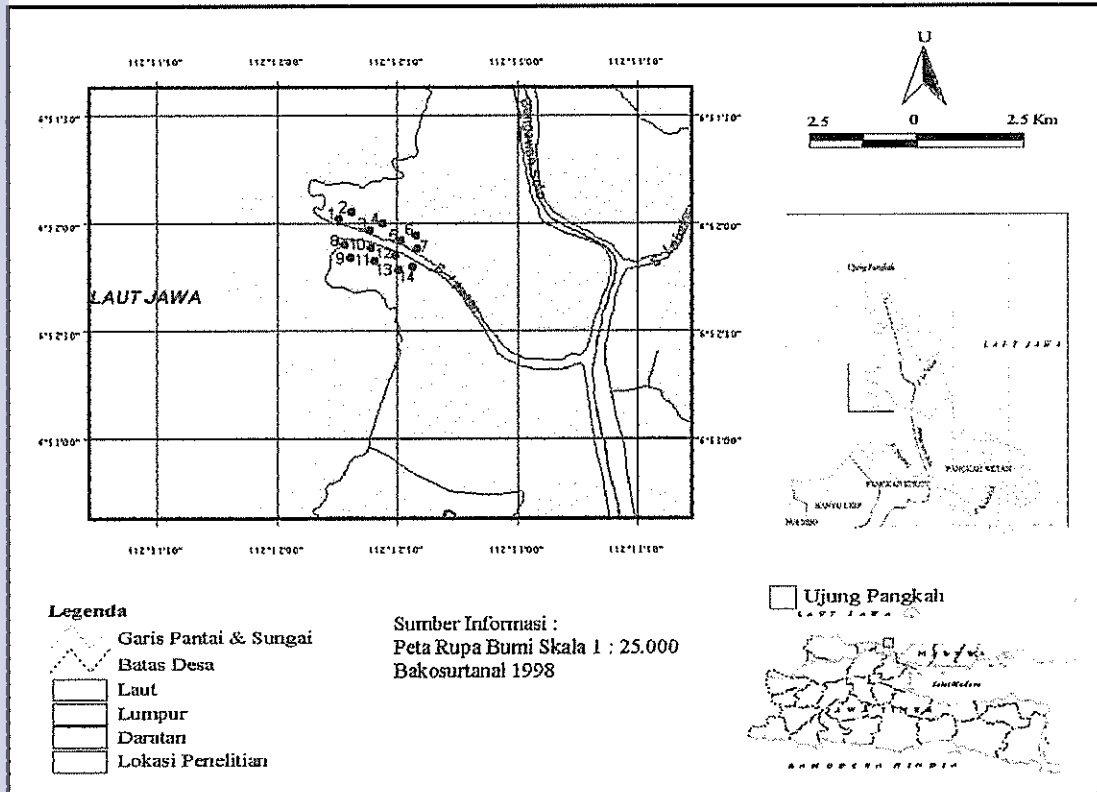
Parameter	Unit	Metode dan Alat	Lokasi
Fisika			
- Temperatur	°C	Termometer	Insitu
- Substrat	-	Titrimetri	Lab
Kimia			
- Salinitas	‰	Refraktometer	Insitu
- pH	-	Lakmus	Insitu
- DO	mg/L	Titrimetri	Lab
Biologi			
- Daun Mangrove	Helai	Acak	Lab

3.3. Metode Penelitian

3.3.1. Penentuan Letak Stasiun Pengamatan

Pada penelitian ini ditentukan Muara Sungai Lawean sebagai salah satu anak Sungai Bengawan Solo. Daerah muara Sungai ini dianggap mewakili muara sungai yang lain karena kondisi mangrove masih cukup lebat dibandingkan dengan kondisi mangrove di muara sungai lainnya. Penentuan lokasi pengambilan contoh didasarkan pada karakteristik masing-masing lokasi pengamatan. Pada penelitian ini ditentukan dua komunitas mangrove yaitu : komunitas mangrove disebelah utara muara sungai

dan komunitas mangrove di sebelah selatan muara sungai dengan masing-masing 7 stasiun pengamatan dengan asumsi dapat mewakili kondisi mangrove di muara Sungai Bengawan Solo.



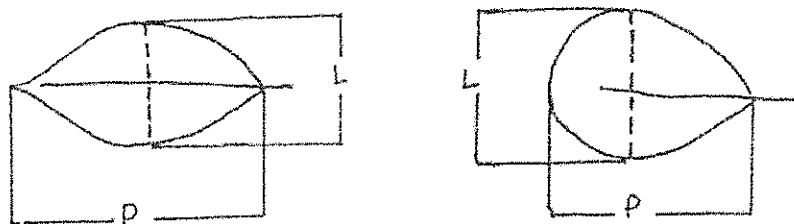
Gambar 5. Peta Lokasi Stasiun Pengamatan

3.3.2. Metode Pengambilan Data

Data yang diambil adalah berupa jumlah pohon (mangrove dengan diameter batang >10 cm), belta (mangrove dengan diameter batang ≥ 2 cm dan ≤ 10 cm), semai (mangrove dengan diameter batang < 2 cm). Untuk pengambilan data pohon menggunakan transek kuadrat dengan ukuran 10×10 m², data belta 5×5 m² dan semai 1×1 m². Kemudian ditentukan jenis-jenis mangrove yang ditemukan dan dihitung jumlah masing-masing jenis.

Pengambilan data panjang dan lebar daun dilakukan pada daun setiap jenis mangrove yang dijumpai di setiap stasiun/transek. Jumlah pengukuran untuk setiap

jenis dilakukan secara acak dengan jumlah sampel 35 helai daun. Cara pengukuran daun dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Pengukuran Panjang dan Lebar Daun

Data parameter fisika dan kimia perairan yang diukur secara in situ pada tiap stasiun pengamatan adalah temperatur, salinitas, pH dan DO. Selain itu diambil juga data substrat tanah untuk menentukan tekstur tanah.

3.4. Analisa Data

3.4.1. Analisis Vegetasi Mangrove

3.4.1.1. Kerapatan Jenis

Kerapatan jenis (D_i) yaitu jumlah tegakan jenis I dalam suatu unit area (Bengen, 2000)

$$D_i = n_i / A$$

Dimana : D_i = Kerapatan jenis ke-i

n_i = Jumlah total individu dari jenis i

A = Luas area total pengambilan contoh

3.4.1.2. Kerapatan Relatif

Menurut Bengen (2000) Kerapatan relatif (R_{D_i}), yaitu perbandingan antara jumlah tegakan jenis ke-i (n_i) dan total tegakan seluruh jenis ($\sum n$) :

$$R_{D_i} = (n_i / \sum n) \times 100\%$$

Dimana : R_{Di} = Kerapatan relatif

D_i = Kerapatan jenis ke-I

$\sum n$ = Kerapatan seluruh jenis

3.4.1.3. Frekuensi

Frekuensi (F_i), yaitu peluang ditemukannya suatu jenis ke-I dalam semua petak contoh yang dibuat (Bengen, 2000):

$$F_i = p_i / \sum p$$

Dimana : F_i = Frekuensi jenis ke-i

p_i = jumlah petak contoh dimana ditemukan jenis ke-i

$\sum p$ = Jumlah total petak contoh yang dibuat

3.4.1.4. Frekuensi Relatif

Menurut Bengen (2000), frekuensi relatif adalah perbandingan antara frekuensi jenis (F_i) dan jumlah frekuensi untuk seluruh jenis ($\sum F$)

$$FR_i = (F_i / \sum F) \times 100\%$$

Dimana : FR_i = Frekuensi relatif

F_i = Frekuensi jenis ke-I

$\sum F$ = Jumlah frekuensi untuk seluruh jenis

3.4.1.5. Penutupan Jenis

Penutupan jenis (C_i) adalah luas penutupan jenis ke-I dalam suatu unit area tertentu (Bengen, 2000).

$$C_i = \sum BA/A$$

Dimana : C_i = Penutupan jenis

$BA = \pi d^2/4$ (d =diameter batang setinggi dada, π (3,1416) = Konstanta)

A = Luas total area pengambilan contoh

3.4.1.6. Penutupan Relatif

Penutupan relatif (RC_i), yaitu perbandingan antara penutupan jenis ke-I (C_i) dengan luas total penutupan untuk seluruh jenis (ΣC) Bengen (2000).

$$RC_i = (C_i / \Sigma C) \times 100\%$$

Dimana : RC_i = Penutupan relatif

C_i = Penutupan jenis ke-I

ΣC = Penutupan total untuk seluruh jenis

3.4.1.7. Indeks Nilai Penting (INP)

Jumlah nilai kerapatan relatif (RD_i), Frekuensi relatif (FR_i) dan penutupan relatif jenis (RC_i) untuk jenis ke-I dari mangrove disebut Indeks Nilai Penting (INP) menurut Bengen (2000).

$$INP = RD_i + FR_i + RC_i$$

Nilai penting suatu jenis berkisar antara 0 sampai 300. Nilai penting ini memberikan suatu gambaran mengenai pengaruh atau peranan suatu jenis mangrove dalam ekosistem.

3.4.2. Indikator Kualitas Lingkungan Mangrove

Kualitas lingkungan mangrove dihitung berdasarkan 6 indikator (Lower Mississippi Valley Division *dalam* Canter dan Hill, 1981). Indikator tersebut adalah asosiasi spesies, penutupan kanopi (%), penutupan semai (%), jumlah jenis semai, jumlah hari tergenang dan luasan daerah yang terkena pengaruh pasang surut air laut. Pada penelitian ini hanya digunakan empat indikator pertama sesuai dengan kondisi penelitian (Tabel 2).

Tabel 2. Empat indikator kualitas lingkungan mangrove
(modifikasi dari Lower Mississippi Valley Division,
1976 dalam Canter dan Hill, 1981).

No	Indikator Kualitas Lingkungan	Bobot
1	Asosiasi spesies dominan	22
2	Penutupan kanopi (%)	17
3	Penutupan semai (%)	13
4	Jumlah jenis semai	12

3.4.2.1. Persentase penutupan kanopi dihitung dengan rumus :

$$Pk = \frac{\sum K}{\sum Sk} \times 100\%$$

dimana :

Pk = penutupan kanopi (%)

$\sum K$ = jumlah pohon dalam suatu komunitas

$\sum Sk$ = jumlah seluruh jenis kategori mangrove (pohon, belta, semai) pada suatu komunitas

3.4.2.2. Persentase penutupan semai dihitung menggunakan rumus :

$$Ps = \frac{\sum S}{\sum Sk} \times 100 \%$$

dimana :

Ps = penutupan semai (%)

$\sum S$ = jumlah semai dalam suatu komunitas

$\sum Sk$ = jumlah seluruh jenis kategori mangrove (pohon, belta, semai) pada suatu komunitas

Indeks kualitas lingkungan mangrove setiap indikator diketahui berdasarkan nilai masing-masing indikator kualitas lingkungan pada grafik indeks kualitas lingkungan lahan mangrove. Nilai masing-masing indikator menempati sumbu x sedangkan nilai indeks setiap indikator (Q_i) menempati sumbu y.

Kualitas lingkungan mangrove dihitung menggunakan rumus (hasil modifikasi dari Lower Mississippi Valley Division, 1976 dalam Canter dan Hill, 1981) :

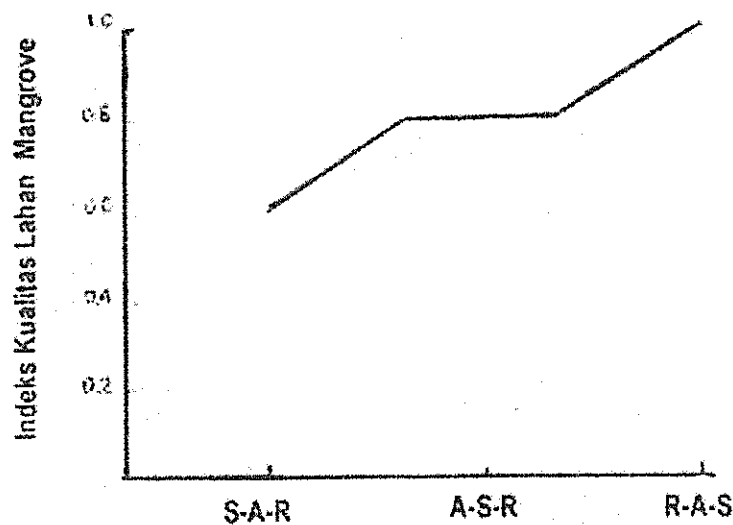
$$Q_e = \frac{\sum (Q_i \times W)}{\sum W}$$

dimana :

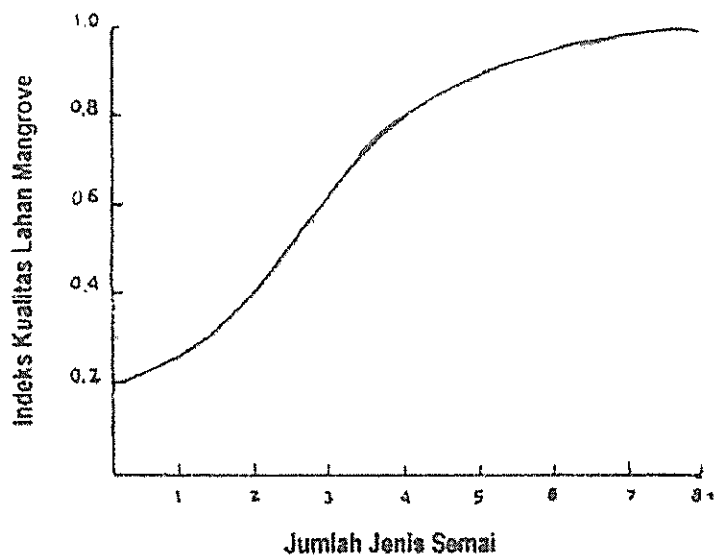
- Q_e = kualitas lingkungan mangrove
 Q_i = indikator kualitas lahan mangrove
 W = bobot setiap indikator

Dengan kisaran nilai Q_e adalah :

- $Q_e < 30\%$: kualitas lingkungan rendah
 $30\% \leq Q_e \leq 60\%$: kualitas lingkungan sedang
 $60\% < Q_e \leq 100\%$: kualitas lingkungan tinggi



Grafik 1. Hubungan Asosiasi Spesies dengan Indeks Kualitas Lahan Mangrove (Lower Mississippi Valley Division, 1976 dalam Canter dan Hill, 1981).
 Keterangan: S = *Sonneratia sp*, A=*Avicennia sp*, R = *Rhizophora sp*



Grafik 4. Hubungan jumlah Jenis Semai dengan Indeks Kualitas Lahan Mangrove (Lower Mississippi Valley Division, 1976 dalam Canter dan Hill, 1981).

3.4.3. Kondisi Mangrove Berdasarkan Morfometrik Pertumbuhan Daun

Terdapat dua parameter yang dapat digunakan untuk melihat kondisi mangrove berdasarkan morfometrik pertumbuhan daun yaitu :

1. Melihat banyaknya populasi morfometrik pertumbuhan daun yang terbentuk pada grafik distribusi log normal.
2. Melihat pemencaran nilai-nilai morfometrik pertumbuhan daun mangrove dan koefisien keragaman morfometrik pertumbuhan daun mangrove.

3.4.3.1. Jumlah Populasi Morfometrik Daun Mangrove

Morfometrik daun diukur pada setiap jenis mangrove yang ditemui. Jumlah pengukuran untuk setiap daun dilakukan secara acak dengan jumlah sampel 35 helai daun. Data panjang dan lebar daun untuk melihat kondisi kesehatan. Morfometrik pertumbuhan daun mangrove yang sehat seharusnya relatif konstan diantara individu-individu sejenis dalam suatu populasi (Lugo *et al.*, 1981). Rasio morfometrik daun mangrove diperoleh sebagai berikut.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

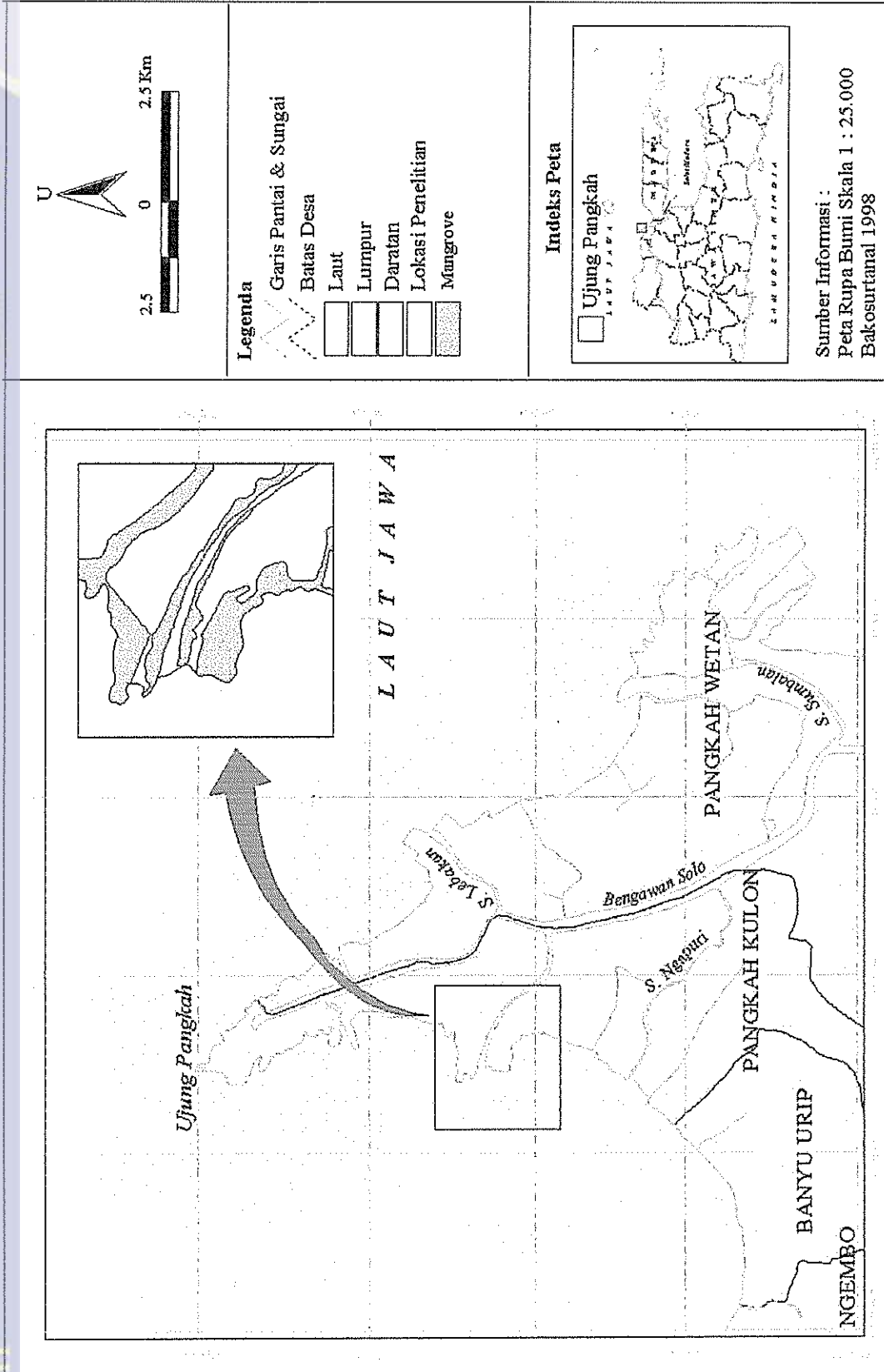
4.1. Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Muara Sungai Bengawan Solo terletak di Kecamatan Ujung Pangkah, Kabupaten Gresik, Propinsi Jawa Timur atau pada koordinat $111^{\circ} 31' 20''$ - $111^{\circ} 34' 10''$ BT dan $6^{\circ} 51' 30''$ - $6^{\circ} 56' 20''$ LS. Daerah ini secara administratif berbatasan dengan Laut Jawa di sebelah Utara, Kota Surabaya di sebelah Selatan, Selat Madura di sebelah Timur, dan di sebelah Barat berbatasan dengan Cepu. Bagian hulu Sungai Bengawan Solo berada di daerah Solo dan bermuara langsung ke Laut Jawa di daerah Kabupaten Gresik. Di muara ini Sungai Bengawan Solo memiliki empat anak sungai yaitu Sungai Ngapuri dan Sungai Bengawan Solo yang mengalir ke arah barat serta Sungai Lebakan dan Sungai Sumbalan yang mengalir ke arah Timur atau menuju Selat Madura (Gambar 7).

Secara umum ketinggian wilayah Ujung Pangkah terletak antara 0 – 25 m diatas permukaan laut. Temperatur rata-rata 23° - 24°C , dan curah hujan pertahun rata-rata 1597 mm. Musim kemarau terjadi pada bulan April – September dan curah hujan rata-rata 113 mm perbulan serta musim hujan terjadi pada bulan Oktober – Maret dengan curah hujan rata-rata 179 mm perbulan (Kec. Ujung Pangkah., 1998).

Sepanjang daerah muara ini banyak terdapat tambak air payau yang sebagian besar berupa tambak ikan Bandeng dan Udang Windu. Selain itu di daerah ini juga banyak terdapat pabrik yang terkenal seperti pabrik milik PT Semen Gresik dan pabrik pupuk PT Petrokimia Gresik.

Hutan mangrove ditemukan di muara sungai Bengawan Solo. Secara visual kondisi mangrove tersebut masih cukup baik di beberapa lokasi tetapi ada juga yang sudah rusak karena ditebang untuk kayu bakar dan untuk bahan bangunan. Jenis mangrove yang ditemukan dan mendominasi adalah jenis *Avicennia alba*, *Avicennia marina* dan *Sonneratia caseolaris*.



Gambar 7. Peta Ujung Pangkah

4.2. Parameter Lingkungan Mangrove di Muara Sungai Bengawan Solo

Parameter fisika-kimia perairan mangrove yang diukur meliputi temperatur, salinitas, pH, oksigen terlarut (DO) dan substrat mangrove yang diambil pada tiap stasiun pengamatan. Hal ini disebabkan karena pada tiap stasiun pengamatan ini kondisi mangrove masih sedikit tergenang oleh air laut sehingga masih dapat diambil sampel air tanahnya. Besarnya nilai dari masing-masing parameter dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Fisika-Kimia dan Substrat Mangrove pada Komunitas Mangrove di Muara Sungai Bengawan Solo

Stasiun	Temperatur (°C)	Salinitas (‰)	pH	Oksigen Terlarut (DO)	Tekstur
A. Komunitas Mangrove di Sebelah Utara Muara Sungai Bengawan Solo					
1	27	16	7.0	8.50	Liat
2	27	16	7.0	7.31	Liat berdebu
3	29	15	7.0	3.56	Liat berdebu
4	26	15	7.0	7.51	Liat berdebu
5	25	15	7.0	7.51	Liat berdebu
6	25	11	7.0	8.30	Liat berdebu
7	25	13	7.0	7.31	Liat berdebu
B. Komunitas Mangrove di Sebelah Selatan Muara Sungai Bengawan Solo					
1	30	15	8.0	8.00	Liat
2	31	15	7.0	2.95	Liat
3	29	15	7.5	0.42	Liat
4	28	16	7.0	0.42	Lempung
5	28	15	8.0	0.84	Liat berdebu
6	27	16	7.0	0.42	Liat
7	28	15	7.5	1.26	Liat

Temperatur yang terukur pada komunitas mangrove di Muara Sungai Bengawan Solo berkisar antara 25 - 31°C. Nilai ini masih berada pada kisaran temperatur optimal untuk pertumbuhan mangrove yaitu berkisar antara 26 - 34 °C. Dari hasil pengukuran terlihat bahwa temperatur di muara sungai sebelah utara cenderung lebih rendah dibandingkan dengan temperatur di muara sungai sebelah selatan. Temperatur berpengaruh terhadap proses respirasi dan fotosintesis. Produksi daun baru terjadi pada temperatur rata-rata 18 – 28 °C (Hutching dan Saenger, 1987).

Besarnya salinitas suatu perairan ditentukan oleh besarnya senyawa yang terionisasi menjadi kation dan anion dalam air. Nilai salinitas secara umum menggambarkan jumlah padatan garam yang terlarut dalam air, sehingga perubahan nilai salinitas dapat dipakai sebagai petunjuk adanya perubahan garam terlarut dalam air. Air laut dan perairan dipengaruhi oleh pasang surut air laut yang besarnya nilai salinitas berkisar antara $5 - 34$ o/oo, dimana nilai tersebut merupakan kisaran salinitas untuk daerah payau sampai asin. Berdasarkan hasil analisa laboratorium contoh air menunjukkan nilai salinitas pada komunitas mangrove di Muara Sungai Bengawan Solo berkisar antara $11 - 16$ ‰. Nilai ini sesuai dengan kisaran salinitas untuk pertumbuhan mangrove yang di pengaruhi oleh pasang surut air laut.

Nilai pH dapat memberikan gambaran tentang keseimbangan asam dan basa yang secara mutlak mengukur konsentrasi ion H^+ . Hasil pengukuran menunjukkan nilai pH yang terukur pada komunitas mangrove di Muara Sungai Bengawan Solo tergolong cukup baik dan bersifat alami yaitu berkisar antara $7 - 8$, sedangkan nilai baku mutu untuk perairan laut berkisar antara $6 - 9$.

Oksigen merupakan salah satu gas yang dijumpai terlarut dalam air, dimana kelarutannya dalam air laut sangat tergantung pada tekanan partial gas, temperatur, garam-garam terlarut, kekeruhan dan turbulensi air. Kelarutan oksigen dalam air laut maksimum adalah sebesar 7.0 mg/l pada temperatur $27^{\circ}C$. Hasil analisa laboratorium menunjukkan bahwa kelarutan oksigen pada komunitas mangrove di Muara Sungai Bengawan Solo berkisar antara $0,42 - 8,50$ mg/l, sedangkan nilai baku mutunya lebih dari 4 mg/l. Kadar oksigen terlarut di muara sungai sebelah utara berkisar antara $3,56 - 8,50$, sedangkan kadar oksigen terlarut di muara sungai sebelah selatan berkisar antara $0,42 - 8,00$. Nilai oksigen terlarut terendah tercatat di sebelah selatan muara sungai Bengawan Solo yaitu pada stasiun 2, 3, 4, 5, 6 dan 7 serta pada stasiun 3 di sebelah utara muara sungai Bengawan Solo yang disebabkan oleh kurangnya pergerakan (turbulensi air). Sedangkan oksigen terlarut tertinggi tercatat di sebelah utara muara sungai Bengawan Solo yang berdekatan dengan mulut muara.



Secara garis besar substrat mangrove di Muara Sungai Bengawan Solo adalah bersubstrat liat berdebu dan liat. Hasil analisis menunjukkan bahwa komposisi pasir di mangrove rendah. Komponen pasir akan rendah karena pasir dari laut tidak mampu mencapai daerah yang lebih dalam ke arah daratan. Kondisi ini disebabkan karena terjadinya sedimentasi di bagian depan mulut sungai, sehingga pasir dari laut terkumpul di bagian depan dan hanya sedikit yang masuk ke bagian dalam.

4.3. Komposisi dan Kerapatan Vegetasi Mangrove

Hutan mangrove dikawasan muara sungai Bengawan Solo merupakan hutan mangrove alami. Jenis vegetasi yang ditemukan selama pengamatan yaitu : *Avicennia alba*, *Avicennia marina* dan *Sonneratia caseolaris*. Pengamatan mencakup komunitas mangrove di sebelah utara muara Sungai Bengawan Solo dan komunitas mangrove di sebelah selatan muara Sungai Bengawan Solo. Selama pengamatan terjadi 2 kali penebangan, yang mempengaruhi kerapatan dan komposisi semai, belta maupun pohon.

Komposisi pohon pada komunitas mangrove sebelah utara lebih banyak *Avicennia marina* dibandingkan dengan *Avicennia alba* dan *Sonneratia caseolaris*. Demikian pula halnya untuk komposisi semai, *Avicennia marina* lebih banyak dibandingkan *Avicennia alba*. Tidak terdapat semai *Sonneratia caseolaris* yang ditemui di lokasi pengamatan. Jenis yang semainya lebih banyak membuktikan bahwa mereka dapat beradaptasi dan melakukan regenerasi lebih baik pada kondisi lingkungan yang berubah karena adanya aktivitas manusia disekitarnya.

Pada komunitas mangrove sebelah selatan muara sungai komposisi pohon dan belta *Avicennia alba* dan *Sonneratia caseolaris* lebih sedikit dibandingkan komposisi pohon dan belta *Avicennia marina*. Sedangkan komposisi semai lebih banyak *Avicennia alba* dibandingkan *Avicennia marina*.

Kerapatan vegetasi mangrove pada komunitas di sebelah utara muara sungai yaitu pohon 16 ind /100m², semai 280 ind/ 25 m², dan anakan 18 ind/1 m². Jumlah semai yang banyak menunjukkan terjadinya regenerasi alam yang baik.

Kerapatan vegetasi mangrove di muara sungai sebelah selatan yaitu 24 ind/100 m² untuk pohon, 380 ind/25 m² untuk semai, dan 11 ind/m² untuk belta. Terlihat bahwa pada komunitas mangrove ini, kerapatan semai lebih banyak, yang menunjukkan adanya proses regenerasi alam yang baik.

Nilai INP terbesar dimiliki oleh *Avicennia marina* baik untuk pohon, semai maupun belta pada komunitas mangrove di sebelah utara muara sungai Bengawan Solo. Pada komunitas mangrove sebelah selatan, *Avicennia marina* memiliki nilai INP terbesar untuk pohon dan belta, sedangkan untuk semai nilai INP terbesar dimiliki oleh *Avicennia alba*. Hal ini dikarenakan tipe substrat pada kedua lokasi penelitian cenderung bertekstur liat dan liat berdebu. Jenis tekstur ini cocok untuk jenis *Avicennia* sp yang merupakan jenis yang dapat tumbuh dengan baik pada kondisi substrat yang bertekstur liat.

4.4. Indikator Kualitas Lingkungan Mangrove

Asosiasi spesies dilihat berdasarkan jenis mangrove yang dominan di lokasi pengamatan yaitu dari arah laut ke darat. Asosiasi spesies yang dominan berdasarkan pengamatan secara visual selama pengamatan berlangsung terdiri dari jenis *Avicennia alba*, *Avicennia marina* dan *Sonneratia caseolaris*. Berdasarkan jenis mangrove yang dominan didapatkan nilai indeks kualitas lahan mangrove (Qi) setelah diplotkan kedalam “grafik hubungan asosiasi spesies dengan indeks kualitas lahan mangrove” sebesar 0,8.

Jumlah pohon yang ditemui di lokasi pengamatan sebanyak 279 individu dari jumlah seluruh kategori mangrove (semai, belta dan pohon) sebanyak 395 individu (Lampiran 6). Berdasarkan nilai tersebut maka didapat persentase penutupan pohon pada komunitas ini yaitu sebesar 65 % di sebelah utara dan 75 % di sebelah selatan. Dengan didapatnya nilai persentase penutupan kanopi dan diplotkan kedalam “grafik hubungan penutupan kanopi dengan indeks kualitas lahan mangrove” maka didapat nilai kualitas lahan mangrovenya (Qi) sebesar 0,97 di sebelah utara dan 0,98 di sebelah selatan.

Jumlah semai yang ditemui di lokasi pengamatan sebanyak 66 individu dari jumlah seluruh kategori mangrove (semai, belta dan pohon) sebanyak 395 individu (Lampiran 6). Berdasarkan nilai tersebut maka didapat persentase penutupan semai pada komunitas ini yaitu sebesar 16 % di sebelah utara dan 17 % di sebelah selatan. Dengan didapatnya nilai persentase penutupan semai dan diplotkan kedalam “grafik hubungan penutupan semai dengan indeks kualitas lahan mangrove” maka didapatkan nilai kualitas lahan mangrovenya (Q_i) sebesar 0,34 dan 0,36 (Lampiran 5).

Adapun jenis-jenis semai yang dijumpai di lokasi pengamatan adalah jenis *Avicennia sp* dan *Sonneratia caseolaris*. Berdasarkan jenis semai yang didapat hanya dua jenis saja maka didapatkan nilai kualitas lahan mangrovenya setelah diplotkan kedalam “grafik hubungan jumlah jenis semai dengan indeks kualitas lahan mangrove” sebesar 0,4.

Kualitas lingkungan mangrove (Q_e) di lokasi pengamatan di dapat dari nilai indeks kualitas lahan mangrove diatas yang dikalikan dengan faktor pembobotnya (W) maka didapatkan nilai sebesar 67,41% di sebelah utara dan 68,34% di sebelah selatan. Nilai kualitas lingkungan mangrove (Q_e) ini menunjukkan bahwa di lokasi pengamatan memiliki kualitas lingkungan mangrove yang tinggi.

4.5. Kondisi Ekosistem Mangrove Berdasarkan Morfometrik Daun

Morfometrik daun mangrove yang sehat (tidak mengalami stress) relatif konstan diantara individu-individu sejenis dalam suatu populasi. Semakin sedikit populasi morfometrik yang terbentuk maka populasi dapat dikatakan semakin sehat karena morfometrik relatif konstan. Jumlah populasi morfometrik menggambarkan tekanan lingkungan yang diterima oleh suatu populasi (Lugo dalam Barret Rosenberg, 1981).

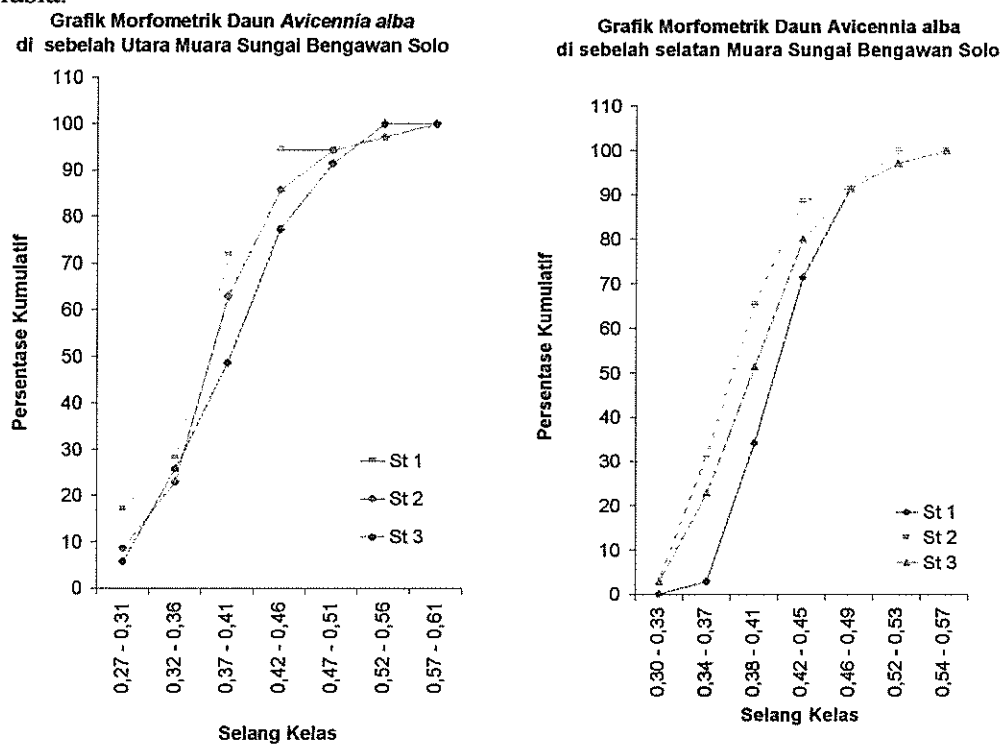
Jumlah morfometrik dilihat dengan memplotkan data persentase frekuensi kumulatif pemunculan rasio panjang dan lebar daun mangrove pada grafik logaritmik. Grafik logaritmik dapat digunakan untuk mentransformasikan grafik distribusi log normal menjadi bentuk linier sehingga dapat memudahkan dalam

menginterpretasikan dampak yang muncul akibat adanya stress lingkungan baik pada organisme spesies tunggal, komunitas atau ekosistem (Depledge, 1996).

4.5.1. Mangrove Jenis *Avicennia alba*

Jenis *Avicennia alba* ditemukan pada stasiun pengamatan 1, 2, dan 3 di lokasi pengamatan sebelah utara dan sebelah selatan muara sungai Bengawan Solo. Berdasarkan grafik distribusi log normal jenis *Avicennia alba* pada stasiun pengamatan sebelah utara memiliki dua populasi morfometrik daun, demikian halnya dengan jenis *Avicennia alba* di sebelah selatan (Grafik 5).

Berdasarkan jumlah populasi morfometrik daun yang terbentuk di lokasi penelitian, maka populasi *Avicennia alba* di Muara Sungai Bengawan Solo berada dalam keadaan sehat. Hal ini disebabkan karena populasi morfometrik daun yang terbentuk relatif konstan. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa mangrove jenis *Avicennia alba* di Muara Sungai Bengawan Solo masih dapat beradaptasi dengan tekanan yang berasal dari lingkungannya maupun yang diakibatkan oleh aktivitas manusia.



Grafik 5. Distribusi Log Normal Morfometrik Daun *Avicennia alba* pada Komunitas Mangrove di Muara Sungai Bengawan Solo

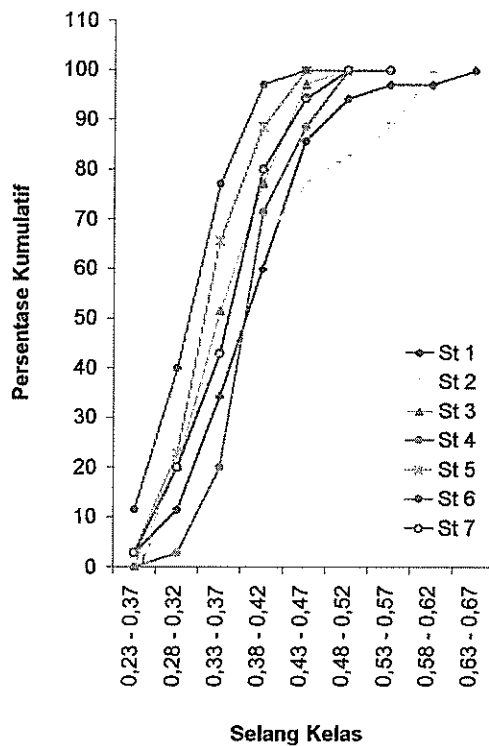
Nilai koefisien keragaman (CV) morfometrik daun *Avicennia alba* pada stasiun pengamatan sebelah utara secara berturut-turut yaitu : 15.03%, 16.01% dan 14.42%. Nilai koefisien keragaman (CV) pada stasiun pengamatan sebelah selatan yaitu 9,26%, 12,25%, dan 12,77%. Nilai koefisien keragaman di sebelah utara lebih besar dari pada nilai koefisien keragaman di sebelah selatan. Hal ini menunjukkan bahwa jenis *Avicennia alba* di sebelah utara memiliki keragaman ukuran morfometrik daun yang tinggi, kompetisi antar individu yang rendah dan adanya daya adaptasi yang tinggi terhadap lingkungan dibandingkan dengan jenis *Avicennia alba* di sebelah selatan.

Berdasarkan jumlah belta yang ada di kedua lokasi pengamatan, terlihat bahwa jumlah belta di muara sungai sebelah utara lebih banyak daripada di muara sungai sebelah selatan. Kondisi ini menunjukkan bahwa di muara sungai sebelah utara sedang terjadi regenerasi alam. Jumlah belta jenis *Avicennia alba* dapat dilihat pada Lampiran 6.

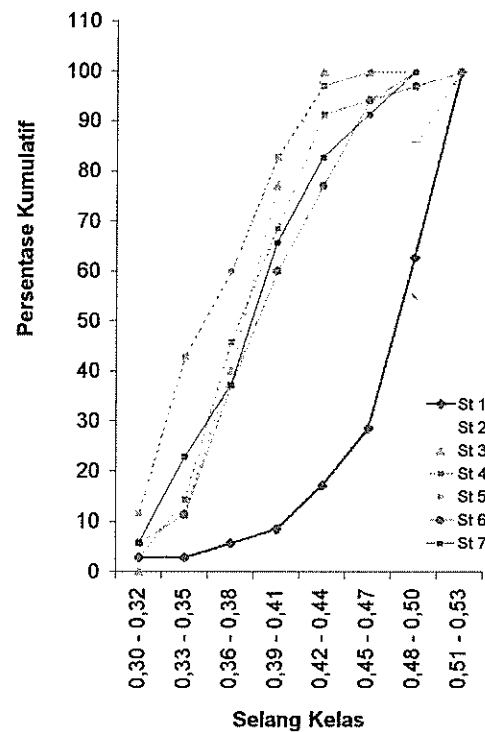
4.5.2. Mangrove Jenis *Avicennia marina*

Jenis *Avicennia marina* ditemukan di setiap stasiun pengamatan baik di sebelah utara maupun di sebelah selatan muara sungai Bengawan Solo.. Berdasarkan grafik distribusi log normal jenis *Avicennia marina* di sebelah utara pada stasiun pengamatan 3, 4 dan 5 memiliki satu populasi morfometrik daun. Sedangkan pada stasiun pengamatan 1, 2, 6 dan 7 memiliki dua populasi morfometrik daun yang terbentuk. Stasiun pengamatan 2, 3, dan 7 di sebelah selatan memiliki satu populasi morfometrik daun, sedangkan pada stasiun pengamatan 1, 4, 5, dan 6 memiliki dua populasi morfometrik daun (Grafik 6). Berdasarkan jumlah populasi morfometrik yang terbentuk, semakin sedikit populasi morfometrik daunnya maka suatu populasi semakin sehat. Berdasarkan jumlah populasi morfometrik yang terbentuk pada grafik distribusi log normal dimana jenis *Avicennia marina* memiliki satu dan dua populasi morfometrik daun, maka dapat dikatakan bahwa jenis *Avicennia marina* pada kondisi sehat.

Grafik Morfometrik Daun *Avicennia marina* di sebelah Utara Muara Sungai Bengawan Solo



Grafik Morfometrik Daun *Avicennia marina* di sebelah Selatan Muara Sungai Bengawan Solo



Grafik 6. Distribusi Log Normal Morfometrik Daun *Avicennia marina* pada Komunitas Mangrove di Muara Sungai Bengawan Solo

Nilai koefisien keragaman (CV) morfometrik daun jenis *Avicennia marina* pada setiap stasiun pengamatan di sebelah utara secara berturut-turut adalah 20.00%, 21.49%, 14.32%, 12.83%, 8.80%, 16.48% dan 14.21%. Sedangkan nilai koefisien keragaman (CV) daun *Avicennia marina* pada stasiun pengamatan sebelah selatan yaitu: 11.11%, 14.01%, 6.65%, 10.43%, 10.47%, 13.55% dan 12.53%. Berdasarkan nilai ini jenis *Avicennia marina* pada stasiun pengamatan sebelah utara lebih besar daripada nilai koefisien keragaman daun pada stasiun pengamatan sebelah selatan. Hal ini menunjukkan bahwa jenis *Avicennia marina* pada stasiun pengamatan sebelah utara memiliki nilai morfometrik daun yang memencar yang menunjukkan bahwa nilai keragaman daunnya tinggi, kompetisi antar individu rendah serta adanya daya adaptasi yang tinggi terhadap lingkungan.

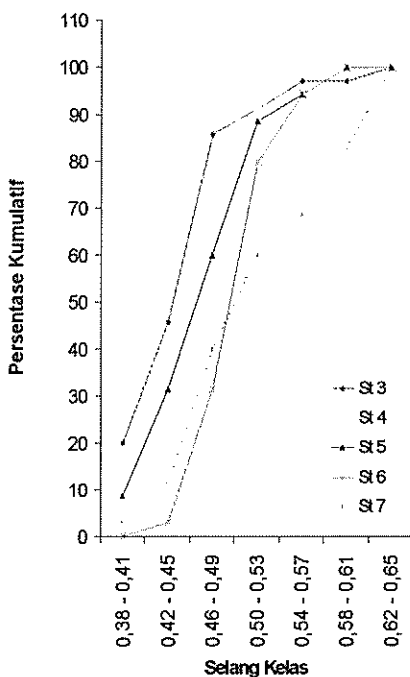
Apabila dilihat jumlah belta yang ada, maka jumlah belta di muara sungai sebelah utara lebih banyak daripada jumlah belta di muara sungai sebelah selatan (Lampiran 6). Kondisi ini memperlihatkan bahwa terjadi regenerasi alam yang lebih baik di muara sungai sebelah utara.

4.5.3. Mangrove Jenis *Sonneratia caseolaris*

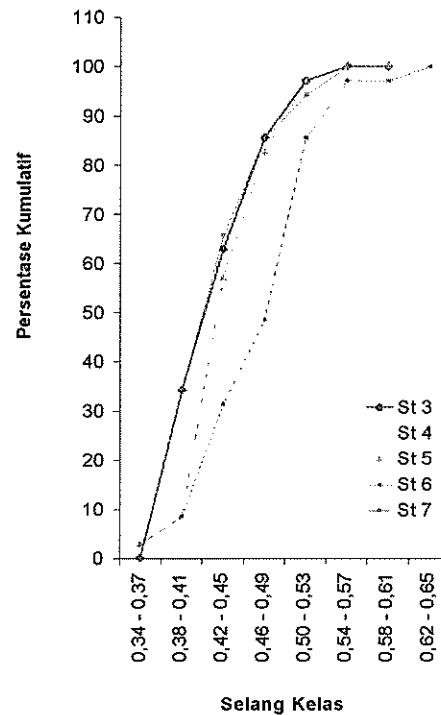
Jenis *Sonneratia caseolaris* di temukan pada stasiun pengamatan 3, 4, 5, 6, dan 7 di sebelah utara dan sebelah selatan muara sungai Bengawan Solo. Berdasarkan grafik distribusi log normal, jenis *Sonneratia caseolaris* pada stasiun pengamatan 4 dan 7 di sebelah utara memiliki satu populasi morfometrik daun. Sedangkan pada stasiun pengamatan lainnya dan pada seluruh stasiun pengamatan di sebelah selatan memiliki dua populasi morfometrik daun (Grafik 7).

Berdasarkan jumlah populasi morfometrik daun yang terbentuk maka menunjukkan bahwa kondisi kesehatan mangrove jenis *Sonneratia caseolaris* di Muara Sunagi Bengawan Solo berada dalam keadaan sehat.

Grafik Morfometrik Daun *Sonneratia caseolaris* di sebelah utara Muara Sungai Bengawan Solo



Grafik Morfometrik Daun *Sonneratia caseolaris* di sebelah Selatan Muara Sungai Bengawan Solo



Grafik 7. Distribusi Log Normal Morfometrik Daun *Sonneratia caseolaris* pada Komunitas Mangrove di Muara Sungai Bengawan Solo

Nilai koefisien keragaman (CV) morfometrik daun jenis *Sonneratia caseolaris* di sebelah utara muara sungai Bengawan Solo secara berturut-turut yaitu : 10.61%, 11.54%, 9.82%, 5.29%, dan 11.19%. Sedangkan nilai koefisien keragaman (CV) morfometrik daun jenis *Sonneratia caseolaris* di sebelah selatan muara sungai Bengawan Solo yaitu: 10.10%, 6.24%, 8.30%, 11.34% dan 9.53%. Nilai koefisien keragaman (CV) morfometrik daun di sebelah utara lebih besar daripada nilai koefisien keragaman (CV) di sebelah selatan. Dengan demikian populasi *Sonneratia caseolaris* di sebelah utara memiliki nilai keragaman daun yang tinggi, kompetisi antar individu yang rendah dan adanya daya adaptasi yang tinggi terhadap lingkungannya dibandingkan dengan populasi mangrove di sebelah selatan muara sungai Bengawan Solo.

Berdasarkan jumlah belta yang terdapat di muara sungai sebelah utara dan muara sungai sebelah selatan, terlihat bahwa proses regenerasi alam untuk jenis mangrove *Sonneratia caseolaris* terhambat. Jumlah belta jenis *Sonneratia caseolaris* dapat dilihat pada Lampiran 6.



5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan untuk diadakannya upaya pengendalian aktivitas pembangunan tambak dan pencegahan yang maksimal terhadap penebangan liar untuk menjaga keutuhan ekosistem mangrove di kawasan Muara Sungai Bengawan Solo. Untuk menyesuaikan konservasi mangrove dengan kondisi mangrove yang ada diperlukan pengkajian serupa untuk daerah-daerah mangrove lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, A., M. Thohari, S. Adisoemarto, Y. Aryati, dan D. M. Ridha. 1993. *Perlindungan dan Pelestarian. Makalah Utama. Seminar Pembahasan Strategi Nasional dan Program Aksi Mangrove di Indonesia.* Jakarta.

Aksornkoe, S. 1993. *Ecology and Management of Mangrove.* IUCN. Bangkok.

Anwar, J., S. J. Damanik, N. Hisyam dan A. J. Whitten. 1984. *Ekologi Ekosistem Sumatera.* UGM Press. Yogyakarta.

Artiansah, S. 1993. *Telaah Mineral dan Hubungannya dengan sifat Kimia Tanah serta Kerapatan Mangrove Di Daerah Banyuwedang, Kabupaten Buleleng.* Skripsi (tidak dipublikasikan) Jurusan Tanah. Institut Pertanian Bogor.

Bakosurtanal. 1998. *Atlas Sumberdaya Kelautan.* Bakosurtanal. Cibinong.

Bakosurtanal. 1998. *Peta Rupa Bumi Skala 1 : 25000.* Bakosurtanal. Cibinong.

Barret, G. W. and Rutger Rosenberg. 1981. *Stress Effects on Natural Ecosystem.* John Wiley and Sons Ltd.

Bengen, D. G. 1999. *Pedoman Teknis : Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove.* Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. IPB.

_____. 2000. *Pedoman Teknis : Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove.* Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. IPB.

Canter, L. W and G. Hill. 1981. *Handbook of Variables for Environmental Impact Assesment.* Ann Arbor Science. New York.

Ecoton. 1998. *Panduan Pengenalan Ekosistem Mangrove Pantai Timur Surabaya.* Ecoton. Surabaya.

Hutabarat, S., S. M. Evans. 1985. *Pengantar Oseanografi.* UI Press.

Hutching, P and P. Saenger. 1987. *Ecology of Mangrove.* University of Queensland Press. St Lucia. Australia.

Kitamura, S., C. Anwar, A. Chaniago, and S. Baba. 1997. *Handbook of Mangrove in Indonesia.* ISME. Japan.



- Kitamura, S., C. Anwar, A. Chaniago, and S. Baba. 1997. The Final report on The Ecosystem Component of The Development of Sustainable Mangrove Management Project Bali-Lombok, Republic of Indonesia. JICA. Denpasar.
- Lugo, Ariel E., Cintron and Goenaga. 1981. Mangrove Ecosystem Under Stress. *in* Barret, G. W. and Rutger Rosenberg. Stress Effects on Natural Ecosystem. John Wiley and Sons Ltd. p: 130-153.
- Nybakken, J. W. 1988. Biologi Laut : Suatu Pendekatan Ekologis. Alih Bahasa, H. Muhammad Eidman. Gramedia. Jakarta.
- Rusila Noor, Y., M. Khazali, I., N. N. Suryadiputra. 1999. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. PKA/WI-IP, Bogor.
- Soerianegara, I. 1971. Characteristic and Classification of Mangrove Soils of Java. *Rimba Indonesia XVI (3-4) : 141-149.*
- _____. 1987. Masalah Penentuan Batas Lebar Jalur Hijau Hutan Mangrove. *Prosiding Seminar III Ekosistem Mangrove. Jakarta. Hal 39.*
- Sumich, J. L. 1992. An Introduction to The Biology of Marine Life. Fifth Edition. Wm. C. Brown Publishers. New York.
- Walpole, R. E. 1992. Pengantar statistika. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Widarjanto. 1994. Hubungan Antara Sifat Kimia Tanah dengan Kandungan Unsur Kimia pada Daun di Hutan Mangrove Banyuwedang, Buleleng-Bali. *Prosiding Seminar Mangrove V. Panitia Nasional MAB-LIPI. Jakarta.*
- Wijonarno, A. 1998. Kajian Struktur Komunitas Terumbu Karang di P. Nusa Penida dan P. Menjangan, Propinsi Bali. Skripsi (tidak dipublikasikan) Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan. Institut Pertanian Bogor.



LAMPIRAN

Hal Cipta (Hak Cipta) Unsur-unsur:

1. Diambil sebagai bagian atau seluruh karya seni, sastra, ilmu pengetahuan dan pengetahuan umum;
2. Berwujud atau tidak berwujud, dan dapat dituangkan dalam bentuk fisik atau digital; dan
3. Dihasilkan dengan menggunakan dan memanfaatkan teknologi, ilmu, seni, sastra, ilmu pengetahuan dan pengetahuan umum.

Lampiran 1. Pembagian Selang Kelas dan Persentase Kumulatif Morfometrik Daun *Avicennia alba*.

A. Komunitas Mangrove di sebelah Utara Muara Sungai Bengawan Solo.

Selang Kelas	Frekuensi Pada Stasiun			Frekuensi Kumulatif Pada Stasiun			Persentase Kumulatif Pada Stasiun		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0,27 - 0,31	6	3	2	6	3	2	17,14	8,57	5,71
0,32 - 0,36	4	5	7	10	8	9	28,57	22,86	25,71
0,37 - 0,41	15	14	8	25	22	17	71,43	62,86	48,57
0,42 - 0,46	8	8	10	33	30	27	94,29	85,71	80,00
0,47 - 0,51	0	3	5	33	33	22	94,29	94,29	94,29
0,52 - 0,56	2	1	3	35	34	35	100,00	97,14	94,29
0,57 - 0,61	0	1	0	35	35	35	100,00	100,00	100,00

B. Komunitas Mangrove di sebelah Selatan Muara Sungai Bengawan Solo.

Selang Kelas	Frekuensi Pada Stasiun			Frekuensi Kumulatif Pada Stasiun			Persentase Kumulatif Pada Stasiun		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0,30 - 0,33		1	1	0	1	1	0,00	2,86	2,86
0,34 - 0,37	1	10	7	1	11	8	2,86	31,43	22,86
0,38 - 0,41	11	12	10	12	23	18	34,29	65,71	51,43
0,42 - 0,45	13	8	10	25	31	28	71,43	88,57	80,00
0,46 - 0,49	7	1	4	32	32	32	91,43	91,43	91,43
0,50 - 0,53	3	3	2	35	35	34	100,00	100,00	97,14
0,54 - 0,57	0	0	1	35	35	35	100,00	100,00	100,00

A. Komunitas Mangrove di sebelah Utara Muara Sungai Bengawan Solo.

Selang Kelas	Frekuensi Pada Stasiun							Frekuensi Kumulatif Pada Stasiun							Persentase Kumulatif Pada Stasiun						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
0,23 - 0,27	1						1	1	1	0	0	0	0	1	2,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,86
0,28 - 0,32	3	1	7	1	1		6	4	1	7	1	1	0	7	11,43	2,86	20,00	2,86	2,86	0,00	20,00
0,33 - 0,37	8	5	11	6	7	4	8	12	6	18	7	8	4	15	35,29	17,14	51,43	20,00	22,86	11,43	42,86
0,38 - 0,42	9	12	9	18	15	10	13	21	18	27	25	23	14	28	60,00	51,43	77,14	71,43	65,71	40,00	80,00
0,43 - 0,47	9	5	7	6	8	13	5	30	23	34	31	31	27	33	85,71	65,71	97,14	88,57	88,57	77,14	94,29
0,48 - 0,52	3	4	1	1	4	7	2	33	27	35	32	35	34	35	94,29	77,14	100,00	91,43	100,00	97,14	100,00
0,53 - 0,57	1	2	0	2	0	1	0	34	29	35	34	35	35	35	97,14	82,86	100,00	97,14		100,00	100,00
0,58 - 0,62	0	2		1		0		34	31		35		35		97,14	88,57		100,00			
0,63 - 0,67	1	4						35	35						100,00	100,00					

B. Komunitas Mangrove di sebelah Selatan Muara Sungai Bengawan Solo.

Selang Kelas	Frekuensi Pada Stasiun							Frekuensi Kumulatif Pada Stasiun							Persentase Kumulatif Pada Stasiun						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
0,30 - 0,32				1		2	2	0	0	0	1	0	2	2	0,00	0,00	0,00	2,86	0,00	5,71	5,71
0,33 - 0,35	1	2		4	4	2	6	1	2	0	5	4	4	8	2,86	5,71	0,00	14,29	11,43	11,43	22,86
0,36 - 0,38	0	2	4	11	11	9	5	1	4	4	16	15	13	13	2,86	11,43	11,43	45,71	42,86	37,14	37,14
0,39 - 0,41	1	3	10	8	6	8	10	2	7	14	24	21	21	23	5,71	20,00	40,00	68,57	60,00	60,00	65,71
0,42 - 0,47	1	5	13	8	8	6	6	3	12	27	32	29	27	29	8,57	34,29	77,14	91,43	82,86	77,14	82,86
0,48 - 0,50	3	6	8	1	5	6	3	6	18	35	33	34	33	32	17,14	51,43	100,00	94,29	97,14	94,29	91,43
0,51 - 0,53	4	7	0	2	1	1	3	10	25	35	35	35	34	35	28,57	71,43	100,00	100,00	100,00	97,14	100,00
0,54 - 0,56	12	5			0	1		22	30			35	35		62,86	85,71				100,00	
0,63 - 0,67	13	5						35	35						100,00	100,00					

Lampiran 3. Pembagian Selang Kelas dan Persentase Kumulatif Morfometrik Daun *Sonneratia caseolaris*.

A. Komunitas Mangrove di sebelah Utara Muara Sungai Bengawan Solo.

Selang Kelas	Frekuensi Pada Stasiun							Frekuensi Kumulatif Pada Stasiun							Persentase Kumulatif Pada Stasiun						
	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7	
0,38 - 0,41	7	4	3		1	7	4	3	0	1	7	4	3	0	1	20.00	11.43	8.57	0.00	2.86	
0,42 - 0,45	9	7	8	1	3	16	11	11	1	4	16	11	11	1	4	45.71	31.43	31.43	2.86	11.43	
0,46 - 0,49	14	10	10	10	10	30	21	21	11	14	30	21	21	11	14	85.71	60.00	60.00	31.43	40.00	
0,50 - 0,53	2	11	10	17	7	32	32	31	28	21	32	32	31	28	21	91.43	91.43	88.57	80.00	60.00	
0,54 - 0,57	2	3	2	5	3	34	35	32	33	24	34	35	32	33	24	97.14	100.00	91.43	94.29	68.57	
0,58 - 0,61	0	0	2	2	5	34	35	35	35	29	34	35	35	35	29	97.14	100.00	100.00	100.00	82.86	
0,62 - 0,65	1	0	0	0	6	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

B. Komunitas Mangrove di sebelah Selatan Muara Sungai Bengawan Solo.

Selang Kelas	Frekuensi Pada Stasiun							Frekuensi Kumulatif Pada Stasiun							Persentase Kumulatif Pada Stasiun						
	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7	3	4	5	6	7	
0,34 - 0,37		1		1		0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0.00	2.86	0.00	2.86	0.00	
0,38 - 0,41		5	1	2		0	6	1	3	0	6	6	1	3	0	0.00	17.14	2.86	8.57	0.00	
0,42 - 0,45	12	9	2	8	12	12	15	3	11	12	12	15	3	11	12	34.39	42.86	8.57	31.43	34.29	
0,46 - 0,49	10	10	17	6	11	22	25	20	17	23	22	25	20	17	23	62.86	71.43	57.14	48.57	65.71	
0,50 - 0,53	8	7	9	13	7	30	32	29	30	30	30	32	29	30	30	85.71	91.43	82.86	85.71	85.71	
0,54 - 0,57	4	2	5	4	3	35	34	34	34	33	34	34	34	34	33	100.00	97.14	97.14	97.14	94.29	
0,58 - 0,61	1	1	1	0	2	35	35	35	34	35	35	35	35	34	35	100.00	100.00	100.00	97.14	100.00	
0,62 - 0,65	0	0	0	1	0	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Lampiran 4. Tabel RD_i, RC_i, RFi dan INP dari Pohon, Belta dan Semai di muara Sungai Bengawan Solo

1. Tabel RD_i, RC_i, RFi dan INP dari Pohon di sebelah Utara muara Sungai Bengawan Solo

Jenis Vegetasi	Jumlah	Di	RD _i	Fi	RFi	Ci	RC _i	INP
<i>Avicennia alba</i>	26	3,71	23,42	0,43	0,20	2,92	23,42	47,05
<i>Avicennia marina</i>	49	7,00	44,14	1,00	0,47	5,50	44,14	88,75
<i>Sonneratia caseolaris</i>	36	5,14	32,43	0,71	0,33	4,04	32,43	65,20
Total	111	15,86	100,00	2,14	1,00	12,45	100,00	201,00

2. Tabel RD_i, RC_i, RFi dan INP dari Pohon di sebelah Selatan muara Sungai Bengawan Solo

Jenis Vegetasi	Jumlah	Di	RD _i	Fi	RFi	Ci	RC _i	INP
<i>Avicennia alba</i>	44	6,29	26,19	0,43	0,20	4,94	26,19	52,58
<i>Avicennia marina</i>	82	11,71	48,81	1,00	0,47	9,20	48,81	98,09
<i>Sonneratia caseolaris</i>	42	6,00	25,00	0,71	0,33	4,71	25,00	50,33
Total	268	24,00	100,00	2,14	1,00	18,85	100,00	201,00

3. Tabel RD_i, RC_i, RFi dan INP dari Belta di sebelah Utara muara Sungai Bengawan Solo

Jenis Vegetasi	Jumlah	Di	RD _i	Fi	RFi	Ci	RC _i	INP
<i>Avicennia alba</i>	13	7,43	41,49	0,43	0,20	5,83	41,49	84,07
<i>Avicennia marina</i>	15	8,57	48,39	1,00	0,47	6,73	48,39	97,24
<i>Sonneratia caseolaris</i>	3	1,71	9,68	0,71	0,33	1,35	9,68	19,69
Total	31	17,71	100,00	2,14	1,00	13,91	100,00	201,00

4. Tabel RD_i, RC_i, RFi dan INP dari Belta di sebelah Selatan muara Sungai Bengawan Solo

Jenis Vegetasi	Jumlah	Di	RD _i	Fi	RFi	Ci	RCi	INP
<i>Avicennia alba</i>	6	3,43	31,58	0,43	0,20	2,69	31,58	63,36
<i>Avicennia marina</i>	10	5,71	52,63	1,00	0,47	4,49	52,63	105,73
<i>Sonneratia caseolaris</i>	13	1,71	15,79	0,71	0,33	1,35	15,79	31,91
Total	19	10,86	100,00	2,14	1,00	8,53	100,00	201,00

5. Tabel RD_i, RC_i, RFi dan INP dari Semai di sebelah Utara muara Sungai Bengawan Solo

Jenis Vegetasi	Jumlah	Di	RD _i	Fi	RFi	Ci	RCi	INP
<i>Avicennia alba</i>	12	1200	42,86	0,43	0,20	942,48	42,86	85,91
<i>Avicennia marina</i>	16	1600	57,14	1,00	0,47	1256,64	47,14	114,75
<i>Sonneratia caseolaris</i>	-	-	0,00	0,71	0,33	0,00	0,00	0,33
Total	28	2800	100,00	2,14	1,00	2199,12	100,00	201,00

6. Tabel RD_i, RC_i, RFi dan INP dari Semai di sebelah Selatan muara Sungai Bengawan Solo

Jenis Vegetasi	Jumlah	Di	RD _i	Fi	RFi	Ci	RCi	INP
<i>Avicennia alba</i>	20	2000	52,63	0,43	0,20	1570,80	52,63	105,46
<i>Avicennia marina</i>	18	1800	47,37	1,00	0,47	1413,72	47,37	95,20
<i>Sonneratia caseolaris</i>	-	0,00	0,00	0,71	0,33	0,00	0,00	0,33
Total	38	3800	100,00	2,14	1,00	2984,52	100,00	201,00

Lampiran 5. Perhitungan Indikator Kualitas Lingkungan Mangrove

A. Sebelah Utara Muara Sungai Bengawan Solo

Jenis Indikator	Nilai setiap indikator	Indeks kualitas lingkungan lahan mangrove (Qi)	Bobot (W)
Asosiasi Spesies	A-S, ketebalan tinggi	0.80	22
Penutupan Pohon	65	0.97	17
Penutupan Semai	16	0.34	13
Jumlah Jenis Semai	2 jenis	0.40	12

B. Sebelah Selatan Muara Sungai Bengawan Solo

Jenis Indikator	Nilai setiap indikator	Indeks kualitas lingkungan lahan mangrove (Qi)	Bobot (W)
Asosiasi Spesies	A-S, ketebalan tinggi	0.80	22
Penutupan Pohon	75	0.98	17
Penutupan Semai	17	0.36	13
Jumlah Jenis Semai	2 jenis	0.40	12

Berdasarkan rumus :

$$Q_e = \frac{\sum(Q_i \times W)}{\sum W}$$

Maka Nilai Kualitas Lingkungan Mangrove (Qe) adalah 67,41 % dan 68,34%.

Lampiran 6. Jenis Mangrove Beserta Jumlah Pohon, Belta dan Semai yang Ditemukan di muara Sungai Bengawan Solo.

A. Komunitas mangrove di sebelah utara muara Sungai Bengawan Solo

Stasiun	Jenis	Jumlah Pohon	Jumlah Belta	Jumlah Semai
1	<i>Avicennia alba</i>	6	7	5
	<i>Avicennia marina</i>	4	2	2
2	<i>Avicennia alba</i>	8	4	4
	<i>Avicennia marina</i>	6	1	1
3	<i>Avicennia alba</i>	12	2	3
	<i>Avicennia marina</i>	4	1	1
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	2	-	-
4	<i>Avicennia marina</i>	16	3	2
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	9	1	-
5	<i>Avicennia marina</i>	8	4	2
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	7	-	-
6	<i>Avicennia marina</i>	5	3	4
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	9	1	-
7	<i>Avicennia marina</i>	6	1	4
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	9	1	-
Jumlah		111	31	28

B. Komunitas mangrove di sebelah selatan muara Sungai Bengawan Solo

Stasiun	Jenis	Jumlah Pohon	Jumlah Belta	Jumlah Semai
1	<i>Avicennia alba</i>	18	-	7
	<i>Avicennia marina</i>	12	-	-
2	<i>Avicennia alba</i>	12	6	7
	<i>Avicennia marina</i>	6	2	-
3	<i>Avicennia alba</i>	14	-	6
	<i>Avicennia marina</i>	5	-	-
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	1	-	-
4	<i>Avicennia marina</i>	15	2	4
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	9	-	-
5	<i>Avicennia marina</i>	11	2	4
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	7	3	-
6	<i>Avicennia marina</i>	19	2	6
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	14	-	-
7	<i>Avicennia marina</i>	14	2	4
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	11	-	-
Jumlah		168	19	38

Lampiran 7. Nilai Rataan (\bar{X}), Simpangan Baku ($X\sigma_n$) dan Koefisien Keragaman (CV).

A. Komunitas mangrove di sebelah Utara muara Sungai Bengawan Solo

Stasiun	Jenis Mangrove	\bar{X}	$X\sigma_n$	CV(%)
1	<i>Avicennia alba</i>	0.386	0.058	15.03
	<i>Avicennia marina</i>	0.405	0.081	20.00
2	<i>Avicennia alba</i>	0.406	0.065	16.01
	<i>Avicennia marina</i>	0.456	0.098	21.49
3	<i>Avicennia alba</i>	0.416	0.060	14.42
	<i>Avicennia marina</i>	0.377	0.054	14.32
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	0.462	0.049	10.61
4	<i>Avicennia marina</i>	0.413	0.053	12.83
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	0.468	0.054	11.54
5	<i>Avicennia marina</i>	0.409	0.036	8.80
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	0.438	0.043	9.82
6	<i>Avicennia marina</i>	0.437	0.072	16.48
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	0.510	0.027	5.29
7	<i>Avicennia marina</i>	0.380	0.054	14.21
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	0.536	0.060	11.19

B. Komunitas mangrove di sebelah Selatan muara Sungai Bengawan Solo

Stasiun	Jenis Mangrove	\bar{X}	$X\sigma_n$	CV(%)
1	<i>Avicennia alba</i>	0.432	0.040	9.26
	<i>Avicennia marina</i>	0.522	0.058	11.11
2	<i>Avicennia alba</i>	0.400	0.049	12.25
	<i>Avicennia marina</i>	0.471	0.066	14.01
3	<i>Avicennia alba</i>	0.415	0.053	12.77
	<i>Avicennia marina</i>	0.421	0.028	6.65
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	0.485	0.049	10.10
4	<i>Avicennia marina</i>	0.393	0.041	10.43
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	0.481	0.030	6.24
5	<i>Avicennia marina</i>	0.401	0.042	10.47
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	0.494	0.041	8.30
6	<i>Avicennia marina</i>	0.406	0.055	13.55
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	0.485	0.055	11.34
7	<i>Avicennia marina</i>	0.399	0.050	12.53
	<i>Sonneratia caseolaris</i>	0.483	0.046	9.53

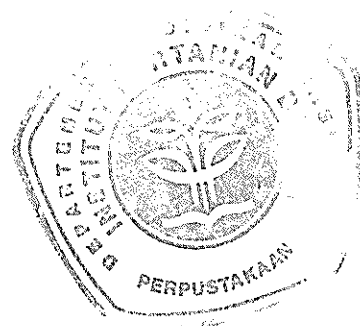
Lampiran 8. Kandungan Tekstur Substrat Mangrove

A. Komunitas Mangrove di sebelah utara muara sungai Bengawan Solo

Stasiun	Tekstur (%)		
	Pasir	Debu	Liat
1	0.24	37.87	61.89
2	0.61	54.83	44.56
3	5.71	49.81	44.48
4	0.63	58.05	41.32
5	0.23	42.06	57.71
6	1.11	57.33	41.56
7	0.23	55.07	44.70

B. Komunitas Mangrove di sebelah selatan muara sungai Bengawan Solo

Stasiun	Tekstur (%)		
	Pasir	Debu	Liat
1	0.23	29.01	70.76
2	0.41	37.75	61.84
3	0.42	32.54	67.04
4	0.97	61.02	38.01
5	0.34	49.53	50.13
6	19.21	35.33	45.46
7	4.00	13.22	82.78



Lampiran 9. Foto Individu Mangrove yang di temukan di Muara Sungai Bengawan Solo



Halika cipu mih IPB University

IPB University

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Sumedang, Jawa Barat pada tanggal 18 Maret 1979. Penulis adalah anak keempat dari 5 bersaudara, dari pasangan Bapak Djasim dan Ibu Osih.

Pendidikan formal yang telah ditempuh penulis adalah SD Negeri Sindang Raja Sumedang (1985 – 1991), SMP Negeri 2 Sumedang (1991 – 1994), dan SMU Negeri 2 Sumedang (1994 – 1997).

Pada tahun 1997 penulis diterima sebagai mahasiswa di Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor melalui jalur Undangan Seleksi Masuk IPB (USMI). Dibidang organisasi penulis pernah aktif di Himpunan Mahasiswa Ilmu dan Teknologi Kelautan (HIMITEKA) dan Himpunan Mahasiswa Sumedang (WAPEMALA). Dalam menyelesaikan tugas akhir, penulis melakukan penelitian dengan judul **“Kondisi Ekosistem Mangrove Berdasarkan Indikator Kualitas Lingkungan Dan Pengukuran Morfometrik Daun Di Muara Sungai Bengawan Solo Ujung Pangkah, Gresik, Jawa Timur “** dan dinyatakan lulus ujian skripsi pada tanggal 28 Agustus 2002.