

BAB IV. HASIL EKSPERIMEN DAN PEMBAHASAN

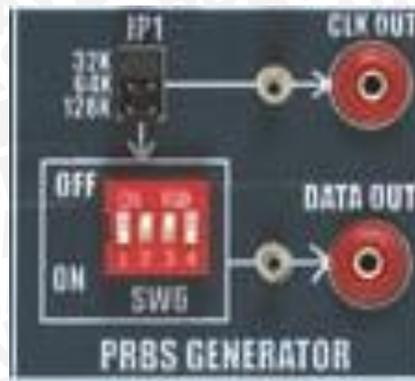
Pada BAB IV menjelaskan hasil dan pembahasan dari penelitian. Data yang disajikan dari hasil eksperimen meliputi pengaruh pH dan tekanan dengan variasi kedalaman air laut. Sistematika penyajian pada BAB IV terdiri atas konfigurasi perangkat eksperimen, prosedur pengambilan data, dan analisis data yang didapatkan dari eksperimen.

4.1. Konfigurasi Perangkat Eksperimen

Pada skripsi ini, perangkat yang digunakan dalam eksperimen terdiri dari *Pseudo Random Bit Sequence* (PRBS) generator, LED, POF yang berjenis *step indeks multimode* sepanjang satu meter, *photo diode*, balok yang terbuka di bagian atas, air laut, BER event counter dan Error Count LED, *eye pattern generator*, *picoscope*, *multimeter*, alkohol, dan *digital refractometer*. Semua perangkat tersebut digunakan untuk pengambilan data primer. Spesifikasi dan penjelasan dari masing-masing perangkat eksperimen, yaitu:

4.1.1. PRBS Generator

PRBS Generator adalah perangkat yang berfungsi untuk membangkitkan sinyal data (0 atau 1) dengan kecepatan yang sama tetapi secara acak. Kata *pseudorandom* berarti bahwa kombinasi sinyal data (0 atau 1) yang akan dibangkitkan berulang tetapi acak untuk tujuan pengujian. Urutan PRBS Generator terdiri dari 4 kombinasi 2-bit long yang berbeda, 8 kombinasi 3-bit long yang berbeda, 16 kombinasi 4-bit long yang berbeda, dan seterusnya (yaitu, urutan kombinasi N-bit long yang berbeda). Pada FCL-04, PRBS dibangkitkan dengan menggunakan 4-bit register yang umpan baliknya dilengkapi dengan gerbang EX-OR. PRBS Generator ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. PRBS Generator
(Sumber: Falcon, 2011)

4.1.2. LED

Pada skripsi ini digunakan sumber optik jenis *Plastic Fiber Optic Transmitted Diode Plastic Fiber Plastic Connector Housing SFH756 V*. LED SFH756 V memiliki panjang gelombang sebesar 660 nm. Cahaya keluaran dari LED SFH 756 V tampak seperti gelombang merah. Ketika LED SFH 756 V mengirimkan gelombang merah tersebut pada POF, gelombang merah tersebut tepusat ditengah POF. LED SFH 756 V menerima sinyal masukan dalam bentuk sinyal elektrik kemudian mengubahnya menjadi sinyal keluaran dalam bentuk sinyal optik. *Transmitter* ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. *Plastic Fiber Optic Transmitted Diode Plastic Fiber Plastic Connector Housing SFH 756 V*
(Sumber: Falcon, 2011)

4.1.3. POF

Pada skripsi ini digunakan POF yang berjenis *step indeks multimode*. POF ini memiliki indeks bias inti (n_1) sebesar 1.492 dan indeks bias pembungkus (n_2) sebesar 1.406. Diameter serat optik sebesar 1000 mikron dan diameter luar sebesar 2.2 mm. POF yang digunakan sepanjang satu meter.

4.1.4. Photo Diode

Pada skripsi ini digunakan detektor optik jenis *Integrated Photo Detector Receiver for Plastic Fiber Plastic Connector Housing SFH 551/1-1 V*. *Photo diode* SFH 551/1-1 V memiliki rentang penerimaan panjang gelombang minimal sebesar 600 nm dan

panjang gelombang maksimal sebesar 780 nm. *Photo diode* SFH 551/1-1 V menerima sinyal cahaya yang datang dari POF dan mengubah sinyal cahaya ke sinyal listrik. *Receiver* ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3. *Integrated Photo Detector Receiver For Plastic Fiber Plastic Connector Housing* SFH551/1-1 V
(Sumber: Falcon, 2011)

4.1.5. Balok yang Terbuka Di Bagian Atas

Balok yang terbuka di bagian atas yang akan digunakan sebagai wadah air dan POF. Balok yang terbuka bagian atas memiliki ukuran panjang 15 cm, lebar 10 cm, dan tinggi = 25 cm. Balok yang terbuka di bagian atas ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Balok yang Terbuka Di Bagian Atas

4.1.6. Air Laut

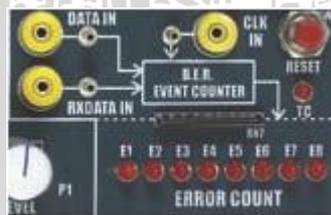
Air laut diambil langsung di pantai Kenjeran, Surabaya, Jawa Timur. Perhitungan pH air laut telah dilakukan di Laboratorium Lingkungan Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang. Hasil dari perhitungan pH air laut sebesar $7,01 \pm 0,01$. Perhitungan air laut menggunakan metode pHmetri untuk parameter pH. Air laut ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5. Air Laut

4.1.7. BER Event Counter dan Error Count LED

BER *event counter* merupakan perangkat untuk menghitung BER yang mana hasil dari hitungan BER *event counter* akan ditampilkan pada *Error Count LED*. Hasil keluaran dari *Error Count LED* berbentuk bilangan biner yang ditampilkan dengan warna merah untuk menampilkan BER. LED dapat menampilkan kesalahan hingga 8 bit untuk kesalahan perhitungan maksimal 255. Pada BER *event counter*, terdapat *comparator* yang mana bit yang ditransmisikan dicocokkan dalam gerbang XOR dengan bit yang diterima. Jika bit yang sama di gerbang XOR masukan ketika clock D flip flop, maka keluaran XOR rendah. Jika bit yang berbeda, maka keluaran XOR tinggi yang menyebabkan *event counter*. Secara umum, semakin panjang jangka waktu pengukuran, maka semakin akurat penghitungan. BER *event counter* dan *error count LED* ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. BER Event Counter dan Error Count LED
(Sumber: Falcon, 2011)

4.1.8. Eye Pattern Generator

Eye pattern generator merupakan perangkat untuk membangkitkan sinyal digital berkecepatan tinggi. Pengukuran *eye pattern* yang dibuat dalam domain waktu akan ditampilkan langsung pada *Picoscope*. Keluaran PRBS masuk ke vertikal osiloskop dan clock berfungsi untuk memicu *horizontal sweep*. *Eye pattern generator* ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7. *Eye Pattern Generator*
(Sumber: Falcon, 2011)

4.1.9. *Picoscope*

Picoscope merupakan perangkat yang dapat memungkinkan memvisualisasikan sinyal digital berkecepatan tinggi yang berasal dari *eye pattern generator*. Pada *picoscope* terdapat trigger. Fungsi trigger sebagai sinkronisasi pada *horizontal sweep* di *picoscope* ke titik yang tepat pada sinyal. Trigger kontrol memungkinkan untuk menstabilkan gelombang yang berulang dan trigger membuat gelombang yang berulang terlihat statis. Tampilan *picoscope* terhubung dengan laptop sehingga memudahkan proses penyimpanan dan pencetakan tampilan sinyal. *Picoscope* ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8. *Picoscope*

4.1.10. Multimeter

Multimeter atau multimeter adalah alat pengukur listrik yang dapat mengukur tegangan (voltmeter), hambatan (ohm-meter), maupun arus (amperemeter). *Digital multimeter* ditunjukkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9. *Digital Multimeter*
(Sumber: Sanwa)

4.1.11. Alkohol

Alkohol digunakan untuk membersihkan ujung-ujung dari POF. Alkohol ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10. Alkohol

4.1.12. *Digital Refractometer*

Perhitungan nilai indeks bias air laut atau air PAM dilakukan di Lab. Kimia Fisik Jurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya. Perhitungan nilai indeks bias dilakukan dengan menggunakan *digital refractometer*. Penggunaan dari digital refractometer cukup sederhana. Beberapa tetes air laut atau air PAM dimasukkan ke dalam *digital refractometer*. Kemudian *digital refractometer* menghitung nilai indeks bias air laut atau air PAM. *Digital refractometer* ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11. *Digital Refractometer*

4.2. Prosedur Pengambilan Data

Prosedur pengambilan data melalui eksperimen merupakan langkah-langkah yang dilakukan untuk mendapatkan hasil. Berikut ini prosedur pengambilan data, yaitu:

1. Mengambil Air Laut Di Pantai Kenjeran Surabaya, Jawa Timur

Pengambilan air laut di di pantai Kenjeran Surabaya Jawa Timur dilakukan pada tanggal 16 November 2014 pukul 13:00. Kondisi air laut ketika diambil di pantai Kenjeran Surabaya Jawa Timur masih tercampur dengan lumpur. Lumpur tersebut dipisahkan dengan air laut. Pemisahan air laut dengan lumpur dilakukan dengan cara penyaringan. Air laut yang diambil untuk eskperimen merupakan air laut yang sudah dipisahkan dengan lumpur. Proses pengambilan air laut di pantai Kenjeran Surabaya, Jawa Timur ditunjukkan pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12. Proses Pengambilan Air Laut Di Pantai Kenjeran Surabaya, Jawa Timur

2. Membersihkan POF

Membersihkan POF dilakukan dengan menggunakan alkohol. Bagian yang dibersihkan pada POF adalah ujung-ujung dari POF. Tujuan dari membersihkan POF

adalah untuk mengurangi *impurities* yang mengganggu penjalaran cahaya pada *core* dan *cladding* di POF. Proses membersihkan POF ditunjukkan pada Gambar 4.13.



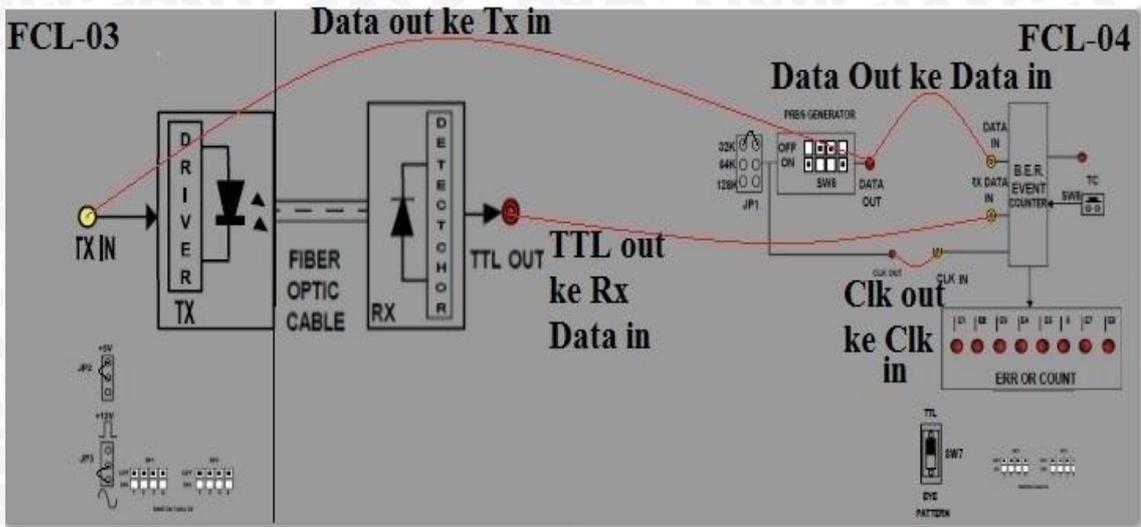
Gambar 4.13. Membersihkan POF

3. Merangkai Rangkaian BER

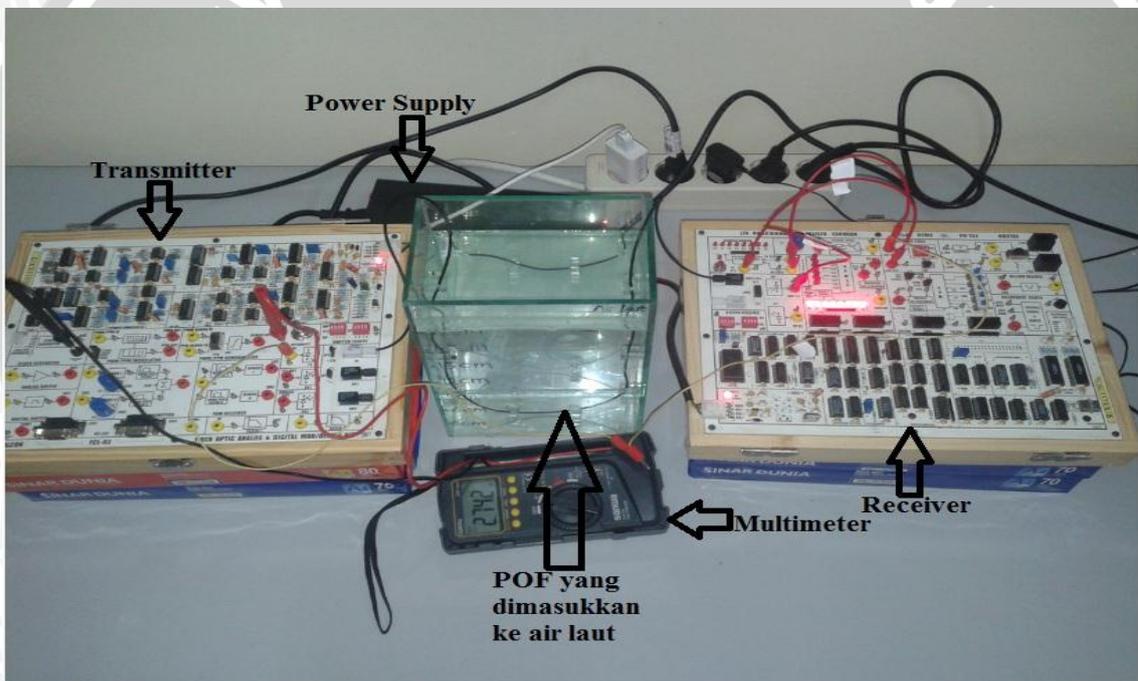
Merangkai rangkaian BER dilakukan peneliti sesuai dengan panduan buku manual dan e-book manual yang dikeluarkan falcon pada tahun 2011. Perbedaan antara rangkaian yang peneliti buat dengan buku manual dan e-book manual, yaitu:

Pada buku manual dan e-book menggunakan transmitter LED SFH 450 V yang memiliki panjang gelombang sebesar 950 nm sedangkan peneliti menggunakan transmitter LED SFH 756 V yang memiliki panjang gelombang sebesar 660 nm. Alasan peneliti menggunakan LED SFH 756 V yang memiliki panjang gelombang sebesar 660 nm karena *Photo diode* SFH 551/1-1 V memiliki rentang penerimaan panjang gelombang minimal sebesar 600 nm dan panjang gelombang maksimal sebesar 780 nm.

Pada buku manual dan e-book menggunakan *Noise Source* setelah TTL out pada receiver optik sedangkan peneliti tidak menggunakan *Noise Source* setelah TTL out pada receiver optik. Alasan peneliti tidak menggunakan *Noise Source* setelah TTL out pada receiver optik karena peneliti mengganti *Noise Source* menjadi optik yang dimasukkan ke dalam wadah yang berisi air laut dengan kedalaman air dimulai dari 3 cm dari dasar permukaan sampai 21 cm dari dasar permukaan dan selang kedalaman ditetapkan sebesar 3 cm. Rangkaian BER ditunjukkan pada Gambar 4.14 dan Gambar 4.15.



Gambar 4.14. Rangkaian BER

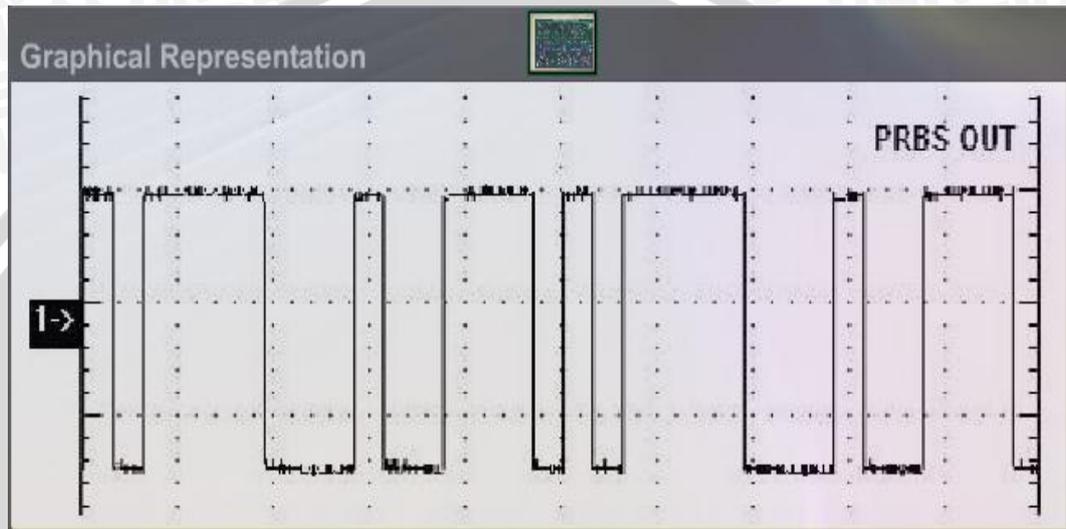


Gambar 4.15. Rangkaian BER Pada Saat Pengukuran

Berikut ini langkah-langkah dalam merangkai rangkaian BER, yaitu:

1. Sambungkan kabel *power supply* ke FCL-03 dan FCL-04. Sebelum menyambungkan kabel *power supply* ke FCL-03 dan FCL-04, pastikan bahwa *power supply* dalam kondisi off.
2. Atur *Switch Fault* (SF) dalam kondisi off.
3. Atur switch SW7 pada keluaran penerima serat optik ke posisi TTL pada FCL-04 seperti yang ditunjukkan pada gambar.
4. Atur jumper di JP1 pada kondisi 32K.

5. Aktifkan *power supply*.
6. Atur switch PRBS SW6 seperti yang ditunjukkan pada gambar untuk menghasilkan sinyal PRBS.
7. Menyambungkan DATA OUT dari PRBS *Generator* ke TX IN pada FCL-03 dan juga menyambungkan DATA OUT dari PRBS *Generator* ke DATA IN pada BER *even counter* pada FCL-04.



Gambar 4.16. Sinyal PRBS
(Sumber: e-book manual falcon, 2011)

8. Buka sedikit tutup (*cap*) LED SFH 756 V (660 nm) pada FCL-03. Jangan lepaskan tutup (*cap*) dari konektor. Setelah tutup (*cap*) dilonggarkan, masukkan serat optik ke dalam tutup (*cap*). Kemudian kencangkan tutup (*cap*) dengan disekrup kembali.
9. Buka sedikit tutup (*cap*) Photo Transistor dengan output logika TTL SFH551V pada FCL-04. Setelah tutup (*cap*) dilonggarkan, masukkan serat optik ke dalam tutup (*cap*). Kemudian kencangkan tutup (*cap*) dengan disekrup kembali.
10. Menyambungkan sinyal TTL OUT yang terdeteksi ke RX DATA IN pada FCL-04.
11. Menyambungkan CLK OUT pada PRBS *Generator* ke CLK IN pada FCL-04.
12. Tekan Switch SW8 untuk memulai counter.
13. Amati LED *Error Count* untuk menghitung kesalahan dalam sinyal yang diterima dalam waktu 10 detik.
14. Setelah hasil didapatkan, *power supply* dimatikan dan rangkaian dicopot.

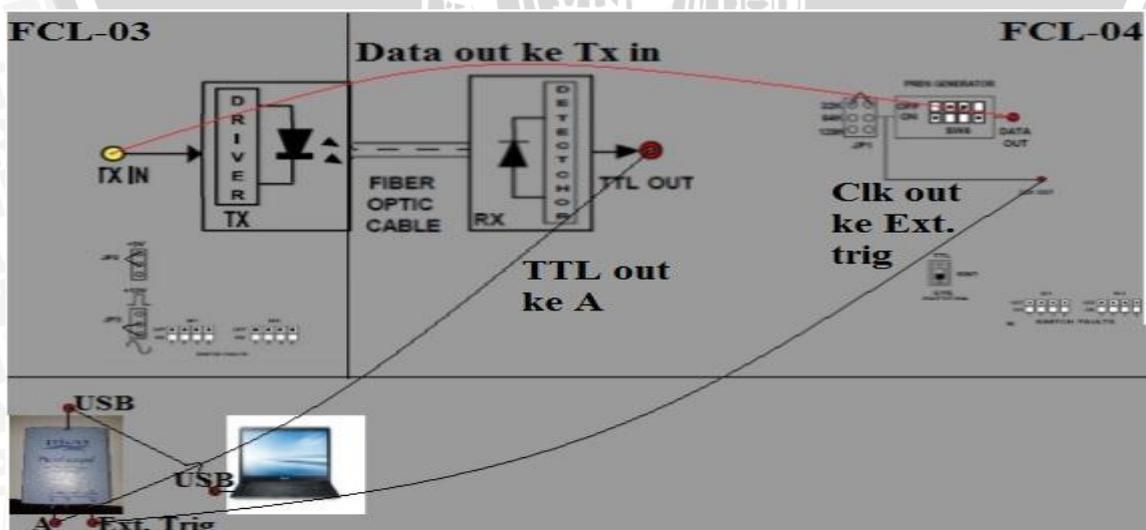
15. POF tidak diangkat dari wadah.
16. Setelah itu, prosedur diulang kembali dengan memasukkan air laut ke dalam wadah dengan kedalaman air dimulai dari 3 cm dari dasar permukaan sampai 21 cm dari dasar permukaan dan selang kedalaman ditetapkan sebesar 3 cm.

4. Merangkai Rangkaian *Eye Diagram*

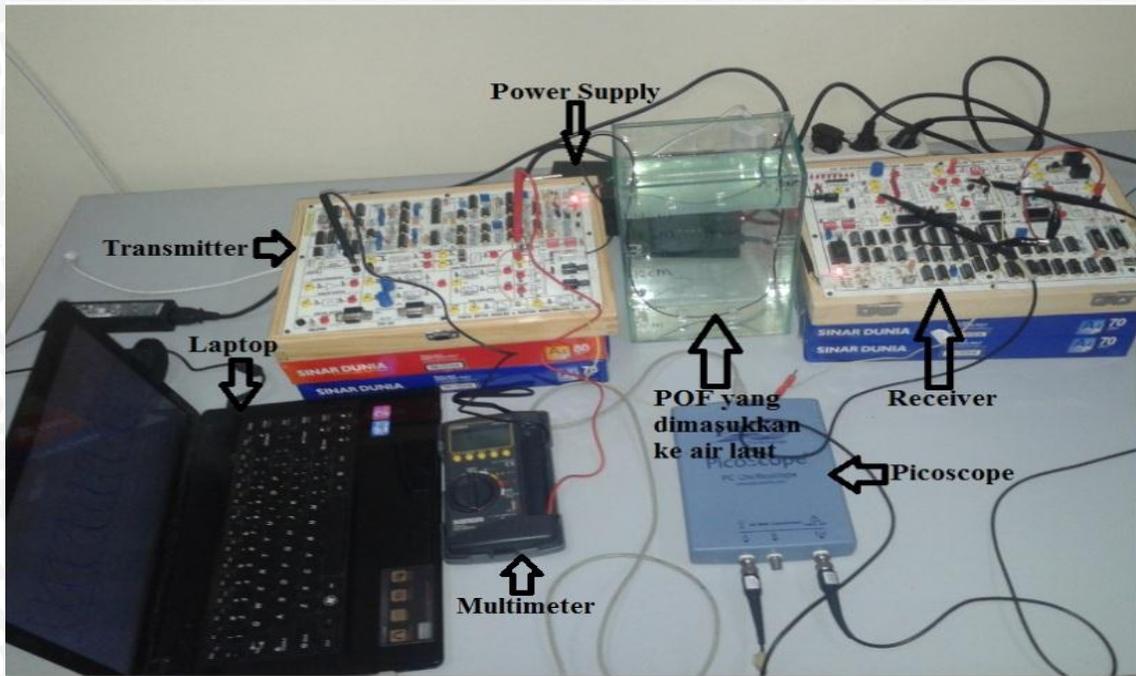
Merangkai rangkaian *eye diagram* dilakukan peneliti sesuai dengan panduan buku manual dan e-book manual yang dikeluarkan falcon pada tahun 2011. Perbedaan antara rangkaian yang peneliti buat dengan buku manual dan e-book manual, yaitu:

Pada buku manual dan e-book menggunakan transmitter LED SFH 450 V yang memiliki panjang gelombang sebesar 950 nm sedangkan peneliti menggunakan transmitter LED SFH 756 V yang memiliki panjang gelombang sebesar 660 nm. Alasan peneliti menggunakan LED SFH 756 V yang memiliki panjang gelombang sebesar 660 nm karena *Photo diode* SFH 551/1-1 V memiliki rentang penerimaan panjang gelombang minimal sebesar 600 nm dan panjang gelombang maksimal sebesar 780 nm.

Pada buku manual dan e-book menggunakan *Noise Source* setelah TTL out pada receiver optik sedangkan peneliti tidak menggunakan *Noise Source* setelah TTL out pada receiver optik. Alasan peneliti tidak menggunakan *Noise Source* setelah TTL out pada receiver optik karena peneliti mengganti *Noise Source* menjadi optik yang dimasukkan ke dalam wadah yang berisi air laut dengan kedalaman air dimulai dari 3 cm dari dasar permukaan sampai 21 cm dari dasar permukaan dan selang kedalaman ditetapkan sebesar 3 cm. Rangkaian *eye diagram* ditunjukkan pada Gambar 4.17. dan Gambar 4.18.



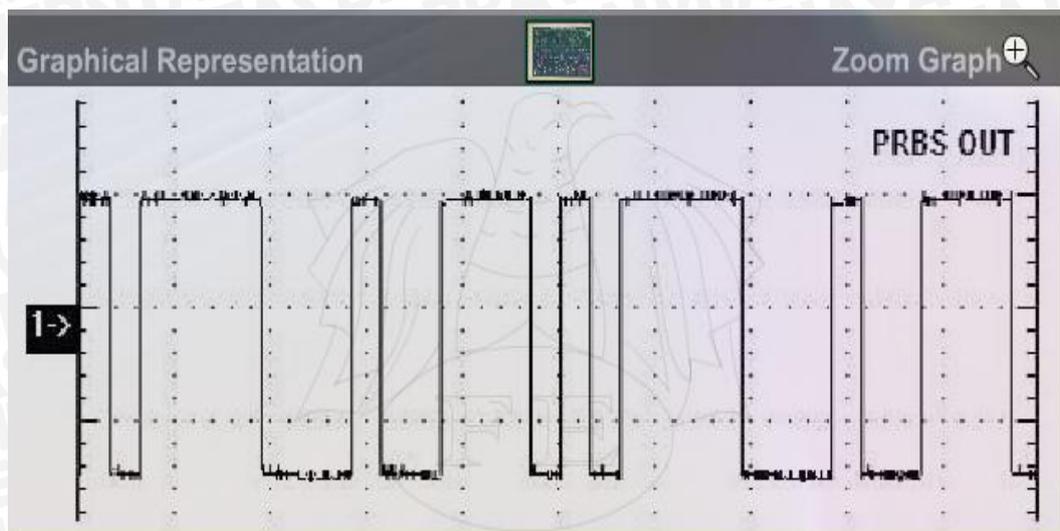
Gambar 4.17. Rangkaian *Eye Diagram*



Gambar 4.18. Rangkaian *Eye Diagram* Pada Saat Pengukuran

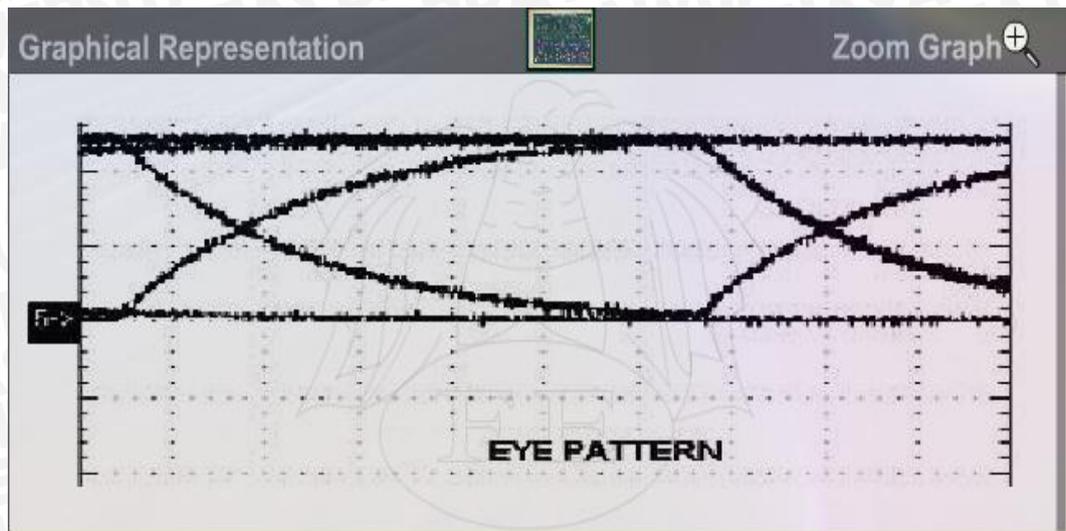
Berikut ini langkah-langkah dalam merangkai rangkaian *eye diagram*, yaitu:

1. Sambungkan kabel *power supply* ke FCL-03 dan FCL-04. Sebelum menyambungkan kabel *power supply* ke FCL-03 dan FCL-04, pastikan bahwa *power supply* dalam kondisi off.
2. Atur *Switch Fault* (SF) dalam kondisi off.
3. Atur switch SW7 pada EYE PATTERN pada FCL-04 seperti yang ditunjukkan pada gambar.
4. Atur jumper di JP1 pada posisi 32K.
5. Aktifkan *power supply*.
6. Atur switch PRBS SW6 seperti yang ditunjukkan pada gambar untuk menghasilkan sinyal PRBS.
7. Menyambungkan DATA OUT dari PRBS *Generator* ke TX IN di FCL-03.



Gambar 4.19. Sinyal PRBS
(Sumber: e-book manual falcon, 2011)

8. Buka sedikit tutup (*cap*) LED SFH756V (660 nm) pada FCL-03. Jangan lepaskan tutup (*cap*) dari konektor. Setelah tutup (*cap*) dilonggarkan, masukkan serat optik ke dalam tutup (*cap*). Kemudian kencangkan tutup (*cap*) dengan disekrup kembali.
9. Buka sedikit tutup (*cap*) Photo Transistor dengan output logika TTL SFH551V pada FCL-04. Setelah tutup (*cap*) dilonggarkan, masukkan serat optik ke dalam tutup (*cap*). Kemudian kencangkan tutup (*cap*) dengan disekrup kembali.
10. Menyambungkan CLK OUT dari PRBS *Generator* ke EXT. TRIG. picoscope.
11. Menyambungkan sinyal TTL OUT yang terdeteksi ke masukan A pada picoscope.
12. Menyambungkan USB picoscope ke USB komputer.
13. Amati Eye pattern.



Gambar 4.20. *Eye Pattern*
(Sumber: e-book manual falcon, 2011)

14. Setelah hasil didapatkan, *power supply* dimatikan dan rangkaian dicopot.
15. POF, tidak diangkat dari wadah.
16. Setelah itu, prosedur diulang kembali dengan memasukkan air laut ke dalam wadah dengan kedalaman air dimulai dari 3 cm dari dasar permukaan sampai 21 cm dari dasar permukaan dan selang kedalaman ditetapkan sebesar 3 cm.

4.3. Analisis Data

Pada sub bab ini berisi hasil eksperimen pengaruh pH dan tekanan pada POF terhadap performansi komunikasi serat optik. Data-data yang didapatkan dari hasil pengukuran dihitung sesuai dengan persamaan-persamaan yang telah dijelaskan BAB II. Analisis performansi yang akan dilakukan meliputi BER dan *eye diagram*.

4.3.1. Analisis Pengaruh pH Dan Tekanan Pada Air Laut Terhadap BER

Performansi komunikasi serat optik dengan parameter yang diamati adalah BER akan dibahas pada sub bab ini. *No. of total bits error* yang ditampilkan *error count* LED merupakan bilangan biner yang kemudian diubah ke bilangan desimal. Hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Pengukuran Pengaruh pH dan Tekanan Pada Air Laut Terhadap BER

No.	pH _p Air Laut	Kedalaman Air Laut (cm)	Tekanan Pada Air Laut (MN/m ²)	Jumlah Bit Salah
1.	6,99307	3	0,000297300	0
2.	6,99312	6	0,000594600	0
3.	6,99317	9	0,000891900	0
4.	6,99322	12	0,001189200	0
5.	6,99327	15	0,001486499	0
6.	6,99332	18	0,001783799	0
7.	6,99337	21	0,002081099	0

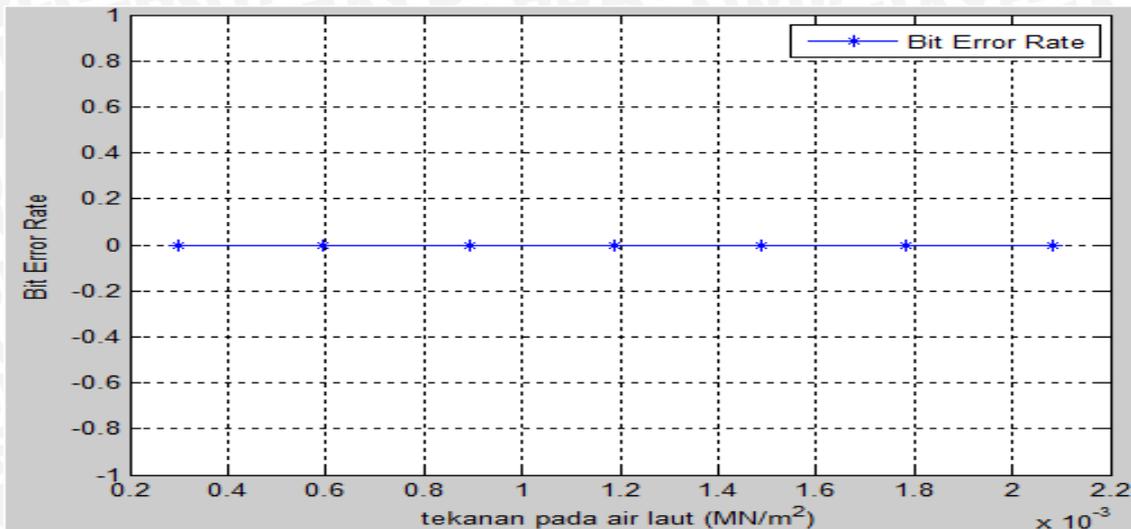
Perhitungan nilai BER dihitung menggunakan Persamaan (2-12). *No. of total bits error* dari pengukuran diubah ke bilangan desimal. *No. of transmitted bits* dari PRBS Generator selama 10 detik adalah 320Kbits. Pada tekanan air laut 0,000297300 MN/m² dengan pH 6,99307, banyak bit yang salah dalam bentuk bilangan biner adalah 0. Jika diubah ke bentuk desimal, maka *no. of total bits error* sama dengan 0. Nilai *Bit Error Rate* pada kondisi tersebut ialah:

$$BER = \frac{\text{No. of total bit errors}}{\text{No. of transmitted bits}} = \frac{0 \text{ bit}}{320000\text{bit}} = 0$$

Nilai BER untuk pengaruh pH dan tekanan dengan variasi kedalaman berbeda ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Pengaruh pH dan Tekanan Pada Air Laut Terhadap BER

No.	pH _p Air Laut	Kedalaman Air Laut (cm)	Tekanan Pada Air Laut (MN/m ²)	BER
1.	6,99307	3	0,000297300	0
2.	6,99312	6	0,000594600	0
3.	6,99317	9	0,000891900	0
4.	6,99322	12	0,001189200	0
5.	6,99327	15	0,001486499	0
6.	6,99332	18	0,001783799	0
7.	6,99337	21	0,002081099	0



Gambar 4.21. Grafik Hubungan Antara Tekanan Pada Air Laut dengan BER

Dari Gambar 4.21. menunjukkan tidak adanya BER pada setiap perubahan tekanan yang semakin tinggi dan juga pH yang semakin tinggi pada kedalaman 3 cm dengan tekanan 0,000297300 MN/m² dan pH 6,99307 sampai kedalaman 21 cm dengan tekanan 0,002081099 MN/m² dan pH 6,99337. Hal ini mengindikasikan bahwa kinerja sistem pada kedalaman 3 cm dengan tekanan 0,000297300 MN/m² dan pH 6,99307 sampai kedalaman 21 cm dengan tekanan 0,002081099 MN/m² dan pH 6,99337 sangat baik karena informasi yang diterima pada sisi penerima tidak mengalami perubahan selama transmisi sedang berlangsung. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh pH dan tekanan tidak berpengaruh pada kedalaman 3 cm dengan tekanan 0,000297300 MN/m² dan pH 6,99307 sampai kedalaman 21 cm dengan tekanan 0,002081099 MN/m² dan pH 6,99337.

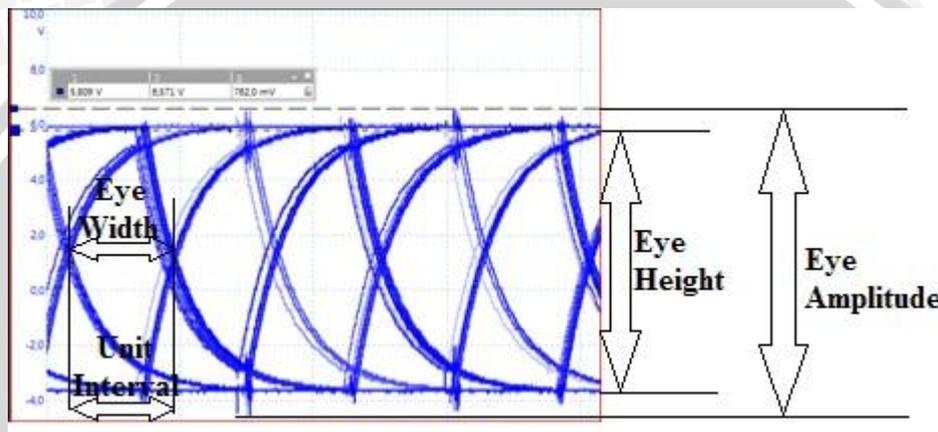
4.3.2. Analisis Pengaruh pH Dan Tekanan Pada Air Laut Terhadap *Eye Diagram*

Performansi komunikasi serat optik dengan parameter yang diamati adalah bentuk *eye diagram* akan dibahas pada sub bab ini. *Eye diagram* adalah metode pengukuran yang sederhana untuk menilai performansi jaringan serat optik pada sistem transmisi digital. *Software PicoScope 6.0* diperlukan untuk menampilkan keluaran sinyal dari *PicoScope* sehingga pengukuran variabel *eye diagram* dapat dilakukan.

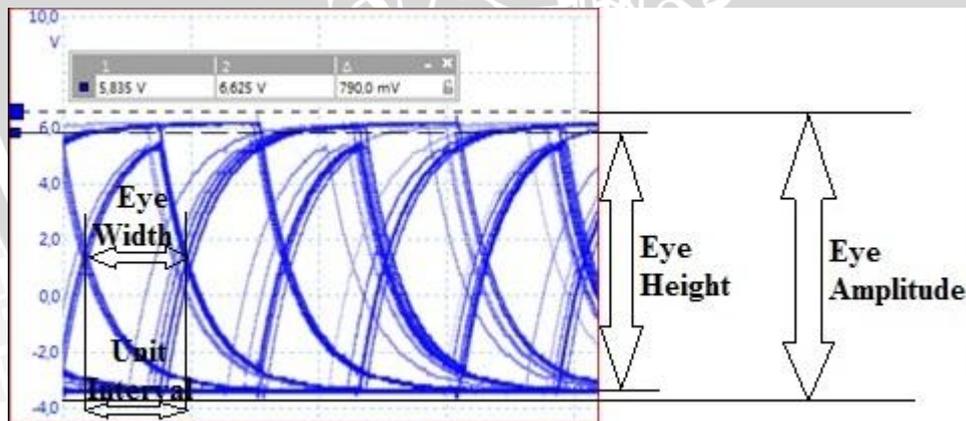
Performansi komunikasi serat optik dapat didefinisikan oleh salah satu *eye mask* pada sinyal. *Eye mask* terdiri atas *eye height* dan *eye amplitude*. *Eye amplitude* menunjukkan daya sinyal yang diterima dengan tidak memperhitungkan *noise*. *Eye height* adalah ukuran *vertical opening* pada *eye diagram amplitude* sesuai pada Gambar. 4.22.

Perbedaan antara *eye amplitude* dan *eye height* yang semakin besar menunjukkan semakin besar *noise* pada sistem transmisi digital. Sistem transmisi digital pada keadaan ideal menunjukkan besar *eye height* sama dengan besar *eye amplitude*.

Pada *horizontal eye opening*, dapat dianalisis besar *eye width* yaitu rentang terlebar pada *eye opening*. *Horizontal eye opening* menunjukkan jumlah jitter yang ada dalam sinyal. Semakin lebar *eye opening*, semakin berkurang kemungkinan adanya jitter. Sistem transmisi digital pada keadaan ideal menunjukkan besar *eye width* sama dengan besar satu interval bit atau unit interval atau bisa dikatakan *zero crossing* yang tipis pada *eye diagram*.



Gambar 4.22. *Eye Diagram* Pada Kedalaman Air Laut 3 cm



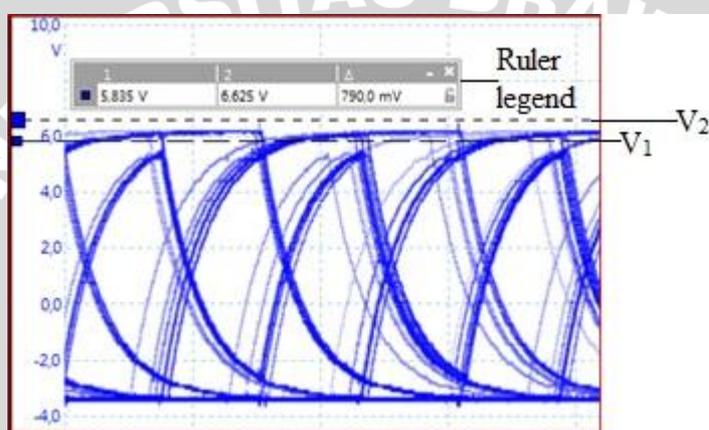
Gambar 4.23. *Eye Diagram* Pada Kedalaman Air Laut 21 cm

Gambar 4.22. dan Gambar 4.23. menunjukkan *eye diagram* pada kedalaman air laut 3 cm dan 21 cm. Pada kedalaman air laut 3 cm, bentuk *eye diagram* memiliki *eye opening* terbuka yang lebar dan sedikit *overshoot*. Pada kedalaman 21 cm, bentuk *eye diagram* memiliki *eye opening* yang lebih kecil dan terdapat banyak *overshoot*.

Analisis *eye diagram* dilakukan dengan menghitung nilai *noise margin*, *timing jitter*, dan *data rate*. Perhitungan dan analisis untuk masing-masing parameter tersebut akan dijelaskan pada sub bab selanjutnya.

4.3.2.1. Analisis *Noise Margin* Pada *Eye Diagram*

Noise margin adalah rasio persentase tegangan sinyal puncak (V_1) terhadap tegangan sinyal maksimum (V_2). Nilai *noise margin* dihitung dari nilai tegangan sinyal puncak yang dihitung dari besar *eye opening* (V_1) dan nilai tegangan sinyal maksimum yang dihitung dari *threshold* (V_2). Pengukuran nilai variabel-variabel tersebut dilakukan pada *Software PicoScope 6.0* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24. Pengukuran *Noise Margin* Pada Kedalaman Air Laut 21 cm

Gambar 4.24. menunjukkan pengukuran *noise margin* pada kedalaman air laut 21 cm. Nilai V_1 dan V_2 dapat diketahui dengan mengarahkan *ruler* pada *Software PicoScope 6.0*. Nilai dari *ruler* ditampilkan dalam *ruler legend* di atas tampilan *eye diagram*. Nilai V_1 ditunjukkan pada kolom pertama *ruler legend* yaitu sebesar 5,835 V dan V_2 ditunjukkan pada kolom kedua *ruler legend* yaitu sebesar 6,625 pada pengukuran *noise margin* pada kedalaman air laut 21 cm. Data pengukuran *noise margin* untuk variasi kedalaman air laut yang berbeda dapat diketahui dengan cara yang sama. Pada Tabel 4.3. ditunjukkan hasil pengukuran *noise margin* tiap perbedaan kedalaman air laut.

Tabel 4.3. Hasil Pengukuran Pengaruh pH dan Tekanan Pada Air Laut Terhadap *Noise Margin*

No.	pH _p Air Laut	Kedalaman Air Laut (cm)	Tekanan Pada Air Laut (MN/m ²)	V1 (Volt)	V2 (Volt)
1.	6,99307	3	0,000297300	5,809	6,571
2.	6,99312	6	0,000594600	5,691	6,445
3.	6,99317	9	0,000891900	5,591	6,334
4.	6,99322	12	0,001189200	5,529	6,266
5.	6,99327	15	0,001486499	5,907	6,697
6.	6,99332	18	0,001783799	5,587	6,338
7.	6,99337	21	0,002081099	5,835	6,625

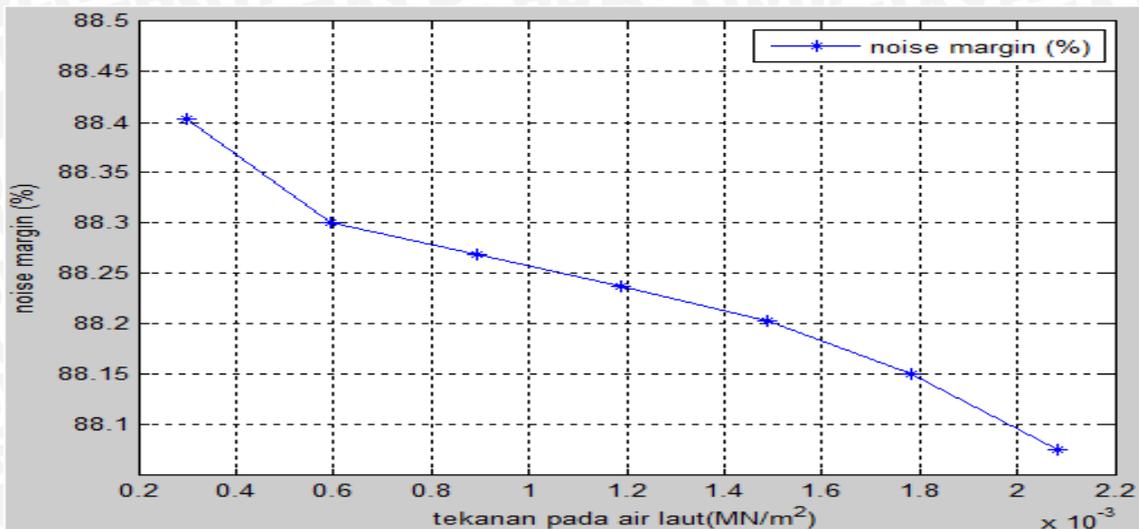
Perhitungan nilai *noise margin* dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan (2-16). Maka perhitungan *noise margin* pada kedalaman 21 cm, yaitu:

$$\text{Noise margin (percent)} = \frac{V_1}{V_2} \times 100 \% = \frac{5,809 \text{ V}}{6,571 \text{ V}} \times 100 \% = 88,40 \%$$

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama, maka didapatkan nilai *noise margin* pada setiap variasi kedalaman yang ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Pengaruh pH dan Tekanan Pada Air Laut Terhadap *Noise Margin*

No.	pH _p Air Laut	Kedalaman Air Laut (cm)	Tekanan Pada Air Laut (MN/m ²)	<i>Noise Margin</i> (%)
1.	6,99307	3	0,000297300	88,40
2.	6,99312	6	0,000594600	88,30
3.	6,99317	9	0,000891900	88,27
4.	6,99322	12	0,001189200	88,24
5.	6,99327	15	0,001486499	88,20
6.	6,99332	18	0,001783799	88,15
7.	6,99337	21	0,002081099	88,08



Gambar 4.25. Grafik Hubungan Antara Tekanan Pada Air Laut dengan *Noise Margin*

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.25. nilai *noise margin* menurun sesuai dengan kenaikan tekanan. Penurunan *noise margin* mengindikasikan kekebalan terhadap *noise* semakin berkurang. Pada kedalaman 3 cm dengan tekanan 0,000297300 MN/m² dan pH 6,99307 *noise margin* sebesar 88,40%. Pada kedalaman 21 cm dengan tekanan 0,002081099 MN/m² dan pH 6,99337 *noise margin* semakin rendah sebesar 88,08%.

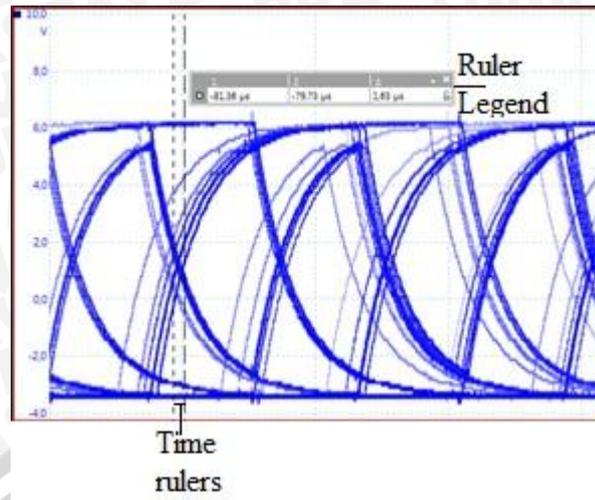
Perubahan *noise margin* dipengaruhi oleh tekanan dan pH. Pengaruh pertama yaitu tekanan. Semakin tinggi tekanan, maka *noise margin* semakin rendah. Semakin tinggi tekanan, maka indeks bias pada POF akan semakin tinggi.

Selain dari pengaruh tekanan, pengaruh lainnya dipengaruhi pH. Semakin tinggi tekanan, maka semakin tinggi pH. Semakin tinggi pH, maka *noise margin* semakin rendah. Semakin tinggi pH mengindikasikan semakin banyak absorpsi yang diterima POF yang menyebabkan *noise margin* semakin rendah.

Nilai *noise margin* yang ideal adalah nilai *noise margin* yang tinggi. Nilai *noise margin* yang tinggi menunjukkan kekebalan terhadap *noise* adalah tinggi atau bisa dikatakan hanya sedikit *noise* yang terjadi.

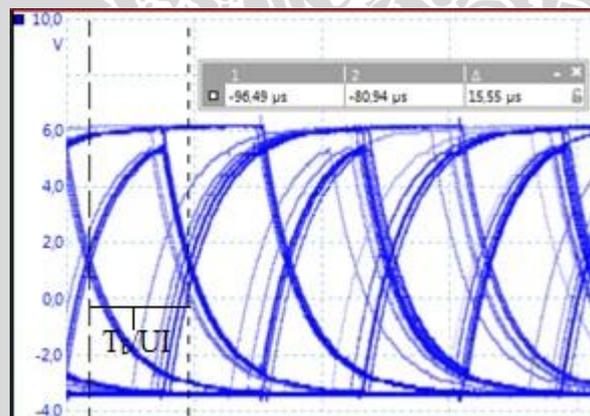
4.3.2.2. Analisis *Timing Jitter* Pada *Eye Diagram*

Timing jitter adalah rasio persentase jumlah distorsi (ΔT) terhadap interval bit (T_b). Nilai *timing jitter* dihitung dari besar jumlah distorsi (ΔT) dan interval bit (T_b). Pengukuran nilai jumlah distorsi (ΔT) dilakukan pada *Software PicoScope 6.0* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.26.



Gambar 4.26. Pengukuran Jumlah Distorsi Pada Kedalaman Air Laut 21 cm

Nilai ΔT dapat diketahui dengan mengarahkan *ruler* pada *Software PicoScope 6.0*. Nilai dari *ruler* ditampilkan dalam *ruler legend* di atas tampilan *eye diagram*. Nilai ΔT ditunjukkan pada kolom *ruler difference* (Δ) yaitu sebesar $1,63 \mu\text{s}$ pada pengukuran jumlah distorsi pada kedalaman air laut 21 cm. Pengukuran nilai interval bit (T_b) dilakukan pada *Software PicoScope 6.0* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.27.



Gambar 4.27. Pengukuran Interval Bit Pada Kedalaman Air Laut 21 cm

Nilai T_b dapat diketahui dengan mengarahkan *ruler* pada *Software PicoScope 6.0*. Nilai dari *ruler* ditampilkan dalam *ruler legend* di atas tampilan *eye diagram*. Nilai ΔT ditunjukkan pada kolom *ruler difference* (Δ) yaitu sebesar $15,55 \mu\text{s}$ pada pengukuran interval bit pada kedalaman air laut 21 cm. Data pengukuran jumlah distorsi dan interval bit untuk variasi kedalaman air laut yang berbeda dapat diketahui dengan cara yang sama. Pada Tabel 4.5. ditunjukkan hasil pengukuran *timing jitter* tiap perbedaan kedalaman air laut.

Tabel 4.5. Hasil Pengukuran Pengaruh pH dan Tekanan Pada Air Laut Terhadap *Timing Jitter*

No.	pH _p Air Laut	Kedalaman Air Laut (cm)	Tekanan Pada Air Laut (MN/m ²)	ΔT (μ s)	T_b (μ s)
1.	6,99307	3	0,000297300	1,178	15,08
2.	6,99312	6	0,000594600	1,277	15,19
3.	6,99317	9	0,000891900	1,361	15,25
4.	6,99322	12	0,001189200	1,414	15,31
5.	6,99327	15	0,001486499	1,469	15,36
6.	6,99332	18	0,001783799	1,536	15,42
7.	6,99337	21	0,002081099	1,63	15,55

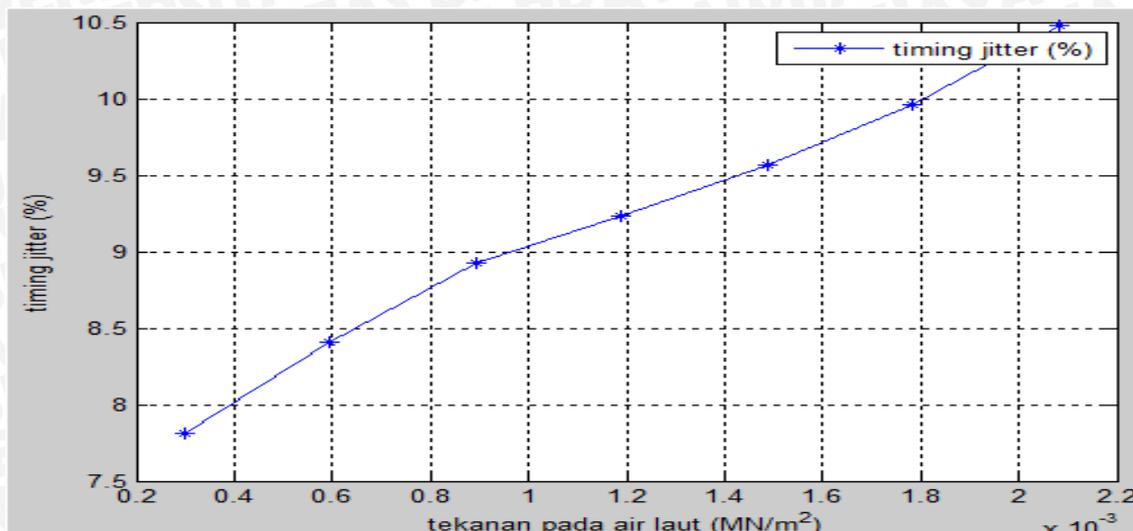
Perhitungan nilai *timing jitter* dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan (2-17). Maka perhitungan *timing jitter* pada kedalaman 21 cm, yaitu:

$$\text{Timing jitter (percent)} = \frac{\Delta T}{T_b} \times 100 \% = \frac{1,63 \mu\text{s}}{15,55 \mu\text{s}} \times 100 \% = 10,48 \%$$

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama, maka didapatkan nilai *timing jitter* pada setiap variasi kedalaman yang ditunjukkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6. Hasil Perhitungan Pengaruh pH dan Tekanan Pada Air Laut Terhadap *Timing Jitter*

No.	pH _p Air Laut	Kedalaman Air Laut (cm)	Tekanan Pada Air Laut (MN/m ²)	<i>Timing Jitter</i> (%)
1.	6,99307	3	0,000297300	7,81
2.	6,99312	6	0,000594600	8,41
3.	6,99317	9	0,000891900	8,92
4.	6,99322	12	0,001189200	9,24
5.	6,99327	15	0,001486499	9,56
6.	6,99332	18	0,001783799	9,96
7.	6,99337	21	0,002081099	10,48



Gambar 4.28. Grafik Hubungan Antara Tekanan Pada Air Laut dengan *Timing Jitter*

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.28. nilai *timing jitter* bertambah sesuai dengan kenaikan tekanan. Kenaikan *timing jitter* mengindikasikan keterlambatan pengiriman data semakin meningkat. Pada kedalaman 3 cm dengan tekanan 0,000297300 MN/m^2 dan pH 6,99307 *timing jitter* sebesar 7,81%. Pada kedalaman 21 cm dengan tekanan 0,002081099 MN/m^2 dan pH 6,99337 *timing jitter* semakin tinggi sebesar 10,48%.

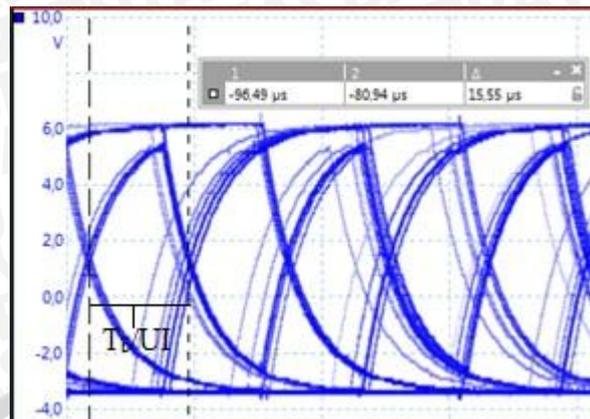
Perubahan *timing jitter* dipengaruhi oleh tekanan dan pH. Pengaruh pertama yaitu tekanan. Semakin tinggi tekanan, maka *timing jitter* semakin tinggi. Hal tersebut mengindikasikan bahwa kenaikan tekanan berbanding lurus dengan kenaikan *timing jitter*. Semakin tinggi tekanan, maka indeks bias pada POF akan semakin tinggi.

Selain dari pengaruh tekanan, pengaruh lainnya dipengaruhi pH. Semakin tinggi tekanan, maka semakin tinggi pH. Semakin tinggi pH, maka *timing jitter* semakin tinggi. Semakin tinggi pH mengindikasikan semakin banyak absorpsi yang diterima POF yang menyebabkan *timing jitter* semakin tinggi.

Nilai *timing jitter* yang ideal adalah nilai *timing jitter* yang rendah. Nilai *timing jitter* yang rendah menunjukkan hanya sedikit keterlambatan pengiriman data.

4.3.2.3. Analisis Data Rate Pada Eye Diagram

Nilai *data rate* dihitung dari nilai interval bit (T_b) atau unit interval (UI). Nilai interval bit (T_b) atau unit interval (UI) dapat dilihat dari panjang dua *zero crossing* pada sebuah *eye*. Pengukuran nilai interval bit (T_b) atau unit interval (UI) dilakukan pada *Software PicoScope 6.0* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.29.



Gambar 4.29. Pengukuran Interval Bit Pada Kedalaman Air Laut 21 cm

Nilai T_b atau UI dapat diketahui dengan mengarahkan *ruler* pada *Software PicoScope 6.0*. Nilai dari *ruler* ditampilkan dalam *ruler legend* di atas tampilan *eye diagram*. Nilai ΔT ditunjukkan pada kolom *ruler difference* (Δ) yaitu sebesar $15,55 \mu\text{s}$ pada pengukuran interval bit pada kedalaman air laut 21 cm. Data pengukuran interval bit (T_b) atau unit interval (UI) untuk variasi kedalaman air laut yang berbeda dapat diketahui dengan cara yang sama. Pada Tabel 4.7. ditunjukkan hasil pengukuran *data rate* tiap perbedaan kedalaman air laut.

Tabel 4.7. Hasil Pengukuran Pengaruh pH dan Tekanan Pada Air Laut Terhadap *Data Rate*

No.	pH _p Air Laut	Kedalaman Air Laut (cm)	Tekanan Pada Air Laut (MN/m ²)	UI (μs)
1.	6,99307	3	0,000297300	15,08
2.	6,99312	6	0,000594600	15,19
3.	6,99317	9	0,000891900	15,25
4.	6,99322	12	0,001189200	15,31
5.	6,99327	15	0,001486499	15,36
6.	6,99332	18	0,001783799	15,42
7.	6,99337	21	0,002081099	15,55

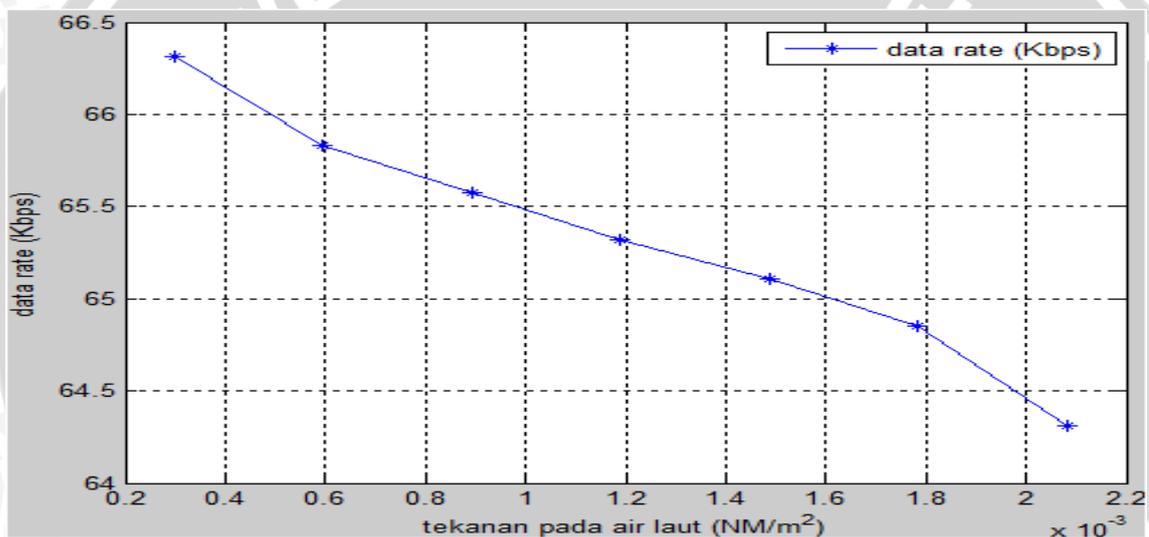
Perhitungan nilai *data rate* dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan (2-18). Maka perhitungan *data rate* pada kedalaman 21 cm, yaitu:

$$\text{Data rate} = \frac{1}{\text{bit period}} = \frac{1}{\text{Unit Interval (UI)}} = \frac{1}{15,55\mu\text{s}} = 64,31 \text{ Kbps}$$

Dengan menggunakan cara perhitungan yang sama, maka didapatkan nilai *data rate* pada setiap variasi kedalaman yang ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Hasil Perhitungan Pengaruh pH dan Tekanan Pada Air Laut Terhadap *Data Rate*

No.	pH _p Air Laut	Kedalaman Air Laut (cm)	Tekanan Pada Air Laut (MN/m ²)	<i>Data Rate</i> (Kbps)
1.	6,99307	3	0,000297300	66,31
2.	6,99312	6	0,000594600	65,83
3.	6,99317	9	0,000891900	65,57
4.	6,99322	12	0,001189200	65,32
5.	6,99327	15	0,001486499	65,10
6.	6,99332	18	0,001783799	64,85
7.	6,99337	21	0,002081099	64,31



Gambar 4.30. Grafik Hubungan Antara Tekanan Pada Air Laut dengan *Data Rate*

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.30. nilai *data rate* berkurang sesuai dengan kenaikan tekanan. Penurunan *data rate* mengindikasikan kecepatan pengiriman data semakin berkurang. Pada kedalaman 3 cm dengan tekanan 0,000297300 MN/m² dan pH 6,99307 *data rate* sebesar 66,31 Kbps. Pada kedalaman 21 cm dengan tekanan 0,002081099 MN/m² dan pH 6,99337 *data rate* semakin rendah sebesar 64,31 Kbps.

Perubahan *data rate* dipengaruhi oleh tekanan dan pH. Pengaruh pertama yaitu tekanan. Semakin tinggi tekanan, maka *data rate* semakin turun. Semakin tinggi tekanan, maka indeks bias pada POF akan semakin tinggi.

Selain dari pengaruh tekanan, pengaruh lainnya dipengaruhi pH. Semakin tinggi tekanan, maka semakin tinggi pH. Semakin tinggi pH, maka *data rate* semakin rendah.

Semakin tinggi pH mengindikasikan semakin banyak absorpsi yang diterima POF yang menyebabkan *data rate* semakin rendah.

Nilai *data rate* yang ideal adalah nilai *data rate* yang tinggi. Nilai *data rate* yang tinggi menunjukkan kecepatan pengiriman data semakin tinggi.

