

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAN KENDALI KUALITAS AIR SUNGAI SECARA ONLINE DENGAN WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN) UNTUK INDUSTRI PENGOLAHAN AIR MINUM DI PDAM

Anang Tjahjono, Ir, MT. ¹⁾ Eru Puspita, ST.MT ²⁾ Edi Satriyanto, Msi ³⁾
Prof Basuki Widodo MSc. Phd ⁴⁾ Dr. Ir. Nieke Karnaningroem MSc⁵⁾
^{1,2,3)}Dosen Politeknik Elektronika Negeri Surabaya,
¹⁾anang_tj@eepis-its.edu, ²⁾eru@eepis-its.edu, ³⁾edi@eepis-its.edu
⁴⁾Dosen Jurusan Matematika ITS, ⁵⁾ Dosen Jurusan Teknik Lingkungan ITS
⁴⁾b_widodo@matematika.its.ac.id ⁵⁾nieke@enviro.its.ac.id

Abstrak

Air sungai di daerah perkotaan merupakan sumber daya air alami yang harus dijaga dan diamankan dari penyebab pencemaran, seperti discharge dari limbah industri, limbah domestik, limbah pertanian dan lainnya. Salah satu kegunaannya adalah sebagai bahan baku Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Monitoring parameter penentu kualitas air menjadi satu hal yang sangat penting. Dengan menggunakan sistem Wireless Sensor Network (WSN) yang diletakkan pada titik-titik lokasi disepanjang daerah aliran sungai menuju lokasi pengolahan PDAM akan didapatkan informasi pada satu covering area tertentu, dari informasi masing-masing titik WSN tersebut dikumpulkan pada PC remote melalui komunikasi wireless untuk dilakukan pemrosesan data hingga dapat dihasilkan kualitas air sungai dan titik potensial sumber pencemaran. Setiap titik WSN dilengkapi dengan sensor-sensor yang dapat melakukan identifikasi parameter-parameter penentu kualitas air seperti sensor suhu, PH, Dissolved Oxygen (DO), serta Conductivity. Hasil keluaran berupa nilai konsentrasi parameter secara online yang terkandung dalam air sungai menuju lokasi pengolahan PDAM selanjutnya digunakan untuk parameter penentu kendali proses pengolahan air sungai menjadi air yang layak dikonsumsi masyarakat di PDAM

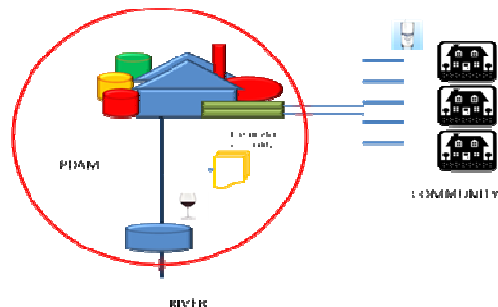
Kata Kunci: monitoring kualitas air sungai secara online, sensor kualitas air, Wireless Sensor Network, titik potensial sumber pencemaran, parameter bantu kendali proses.

1. Pendahuluan

Kondisi saat ini di Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Karang Pilang milik Pemerintah Kota Surabaya pengambilan parameter bahan baku air dilakukan dalam satu lokasi dengan proses produksi. Mereka melakukan pengambilang sampling bahan baku secara periodic dan diteliti di laboratorium internal, sebagai dasar proses

pencampuran bahan kimia saat proses berlangsung, sehingga terjadi “lagging information”, bahan baku dianggap sama kualitasnya untuk waktu yang ditentukan.

Hal ini akan berbahaya jika terjadi kualitas bahan baku yang extreme masuk ke lokasi produksi, yang akan berakibat ketidaksiapan penambahan bahan kimia dan biasanya proses produksi akan terhenti. Gambar 1. menunjukkan metode pengambilan data saat bahan baku masuk di lokasi produksi.

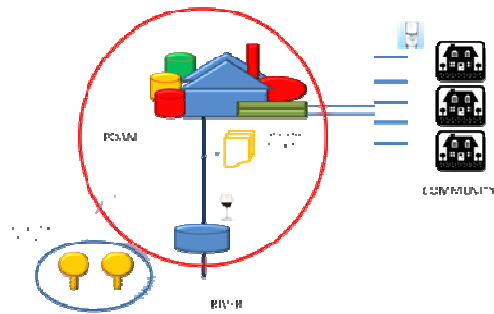


Gambar 1. Pengambilan Parameter Saat ini

Dengan perangkat yang dibangun pada penelitian ini pihak PDAM mendapatkan data-data parameter pada titik yang masih jauh dari lokasi proses produksi, artinya jika terjadi bahan baku dengan parameter extreme PDAM dapat melakukan persiapan lebih dini, selain juga dapat melakukan kalkulasi bahan kimia yang harus dicampurkan sebelum bahan baku datang di lokasi produksi. Gambar 2. ditunjukkan metode sampling data parameter sebelum masuk ke lokasi produksi.

Parameter yang akan didapat dari sistem yang dibangun adalah meliputi :

- Dissolved Oxygen
- Temperature
- Conductivity
- PH



Gambar 2. Pengambilan Parameter Lewat WSN

1.1. WSN Wireless Sensor Network

Terdiri dari sensor-sensor yang terdistribusi secara luas untuk membangun koordinasi pemantauan kondisi fisik maupun lingkungan seperti suara, getaran/vibrasi, suhu, gerakan, polutan.

Perkembangan WSN sebenarnya telah didorong oleh aplikasi dari bidang militer untuk memantau keadaan di medan perang. Namun saat ini WSN telah berkembang digunakan untuk berbagai aplikasi mulai dari proses otomatisasi industri, monitor lingkungan, otomatisasi di rumah, monitoring lalu lintas dan masih banyak aplikasi lainnya.

Untuk tujuan berkomunikasi dengan node lain, maka di setiap node dilengkapi dengan perangkat radio transceiver atau perangkat komunikasi lain, microcontroller, dan sumber energi biasanya dari baterai.

Ukuran node juga bervariasi mulai sebesar kotak sepatu hingga sangat kecil. Demikian juga untuk biaya pembuatan dipengaruhi oleh sumber energi yang digunakan, memory yang diperlukan, kecepatan perhitungan komputer serta bandwidth yang dibutuhkan.

Standarisasi platform ada yang telah ditentukan maupun yang sedang dikembangkan, seperti IEEE fokus pada *Physical* and *MAC layer* sedangkan International Society of Automation menyediakan solusi secara vertical pada layer 3 atau di atasnya. Standar yang paling banyak digunakan antara lain adalah ISA100, IEEE 1451, ZigBee, 802.15.4, EnOcean serta IETF RPL.

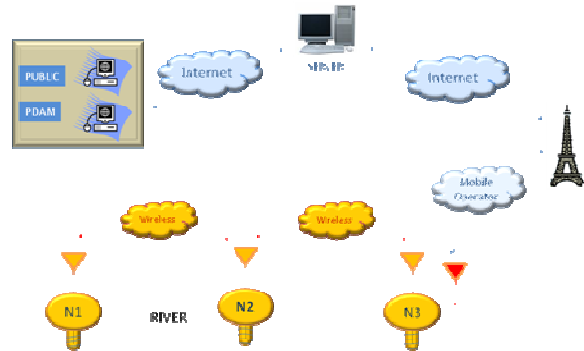
2. Perencanaan

2.1. Komunikasi Antar Node

Konfigurasi yang dibangun menggunakan perangkat komunikasi wireless Zigbee Pro di setiap node yang dibangun, dengan sarana komunikasi ini akan terjadi komunikasi antar node untuk saling memberikan data hasil monitoring dari sensor kualitas air.

Dari node paling ujung yang difungsikan sebagai gateway ditambahkan perangkat berupa modem GSM, modem digunakan untuk mengirimkan data-data hasil monitoring dari beberapa node untuk dikirimkan ke server.

Data-data yang telah diterima selanjutnya dapat diakses baik untuk kebutuhan internal PDAM maupun untuk umum, gambar 3 ditunjukkan konfigurasi aliran data.



Gambar 3. Konfigurasi Komunikasi Data

2.2. Aliran Informasi

Perlu dilakukan perancangan aliran informasi yang terjadi mulai dari awal mendapatkan parameter yakni di sungai hingga bias diakses oleh para pengguna.

Di Sungai

- o Untuk mengambil parameter digunakan perangkat berbasis microcomputer yang diletakkan disepanjang aliran sungai yang selanjutnya disebut dengan "Node" dan dilengkapi dengan perangkat solar cell panel sebagai sumber daya perangkat.
- o Parameter water quality di-sampling (waktu sampling dapat diatur sesuai kebutuhan) dengan menggunakan sensor dan disimpan pada unit memory.
- o Parameter yang telah disimpan kemudian dikirimkan ke Server secara periodic, dengan waktu dan jumlah data yang dapat di atur sesuai kebutuhan.
- o Pengiriman parameter baik antar Node maupun ke Server dilakukan dengan menggunakan sarana komunikasi tanpa kabel (wireless).

Di Server

- o Dari Node paling akhir yang ada di sungai data parameter akan dikirim melalui sarana komunikasi tanpa kabel menggunakan modem GSM menggunakan jaringan operator Mobile Phone, dan selanjutnya data dikirim oleh operator GSM menuju ke PC server melalui jaringan Internet.
- o Untuk menampung dan memproses parameter-parameter digunakan computer server yang dilengkapi dengan koneksi internet yang ditempatkan pada lokasi Kampus PENS-ITS.
- o Setelah data diolah dan diproses, maka data dapat digunakan baik oleh PDAM, Instansi atau

masyarakat yang membutuhkan melalui jaringan internet.

Sisi User

- o Pengguna informasi adalah PDAM, masyarakat serta instansi lain dapat mengunduhnya lewat jaringan internet 24 jam.
- o Informasi yang disajikan dibagi menjadi beberapa kategori user, untuk PDAM disajikan data lebih detail dibanding untuk masyarakat atau instansi yang memerlukan.
- o Pihak PDAM dapat menggunakan data-data parameter untuk mengendalikan proses.

Gambar 4 ditunjukkan aliran informasi data.

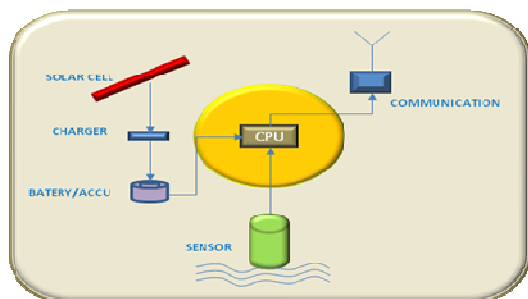


Gambar 4. Aliran Informasi Paramater Kualitas Air

2.3. Perencanaan Node

Dalam satu node terdiri dari Microcontroller AVR ATMega-128 sebagai pemrosesan utama system, sensor kualitas air YSI-600R, Solar Cell dua unit masing-masing 40WP, Charger Unit dengan dilengkapi dengan regulator, battery atau accu, perangkat komunikasi antar node menggunakan Zigbee-Pro serta Modem GSM pada node gateway. Gambar 5 diberikan layout satu node.

Spesifikasi sensor yang digunakan diberikan tabel 1, keluaran dari sensor berupa data serial yang siap diolah oleh microcontroller. Sinyal keluaran sensor adalah RS-232, dengan data karakter ASCII. Sehingga tidak memerlukan konversi data yang biasanya didapatkan dari sensor dalam bentuk tegangan,



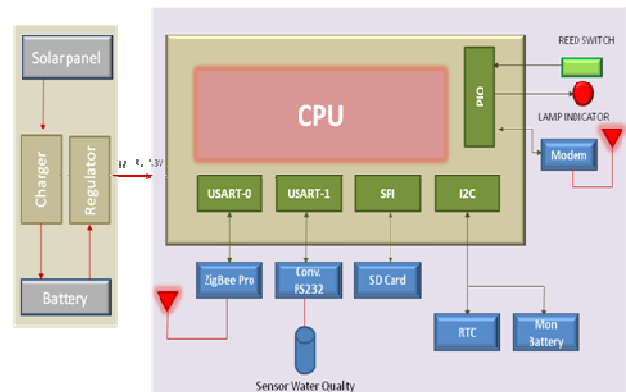
Gambar 5. Layout Satu Node

Tabel 1. Spesfikasi Sensor YS-600R

Parameter	Range	Resolution	Accuracy
Dissolved Oxygen % Saturation	0 to 500%	0.10%	0 to 200%: ±2% of reading or 2% air saturation, whichever is greater; 200 to 500%: ±6% of reading
Dissolved Oxygen mg/L	0 to 50 mg/L	0.01 mg/L	0 to 20 mg/L: ± 0.2 mg/L or 2% of reading, whichever is greater; 20 to 50 mg/L: ±6% of reading
Conductivity*	0 to 100 mS/cm	0.001 to 0.1 mS/cm (range dependent)	±0.5% of reading + 0.001 mS/cm
Temperature	-5 to +50°C	0.01°C	±0.15°C
pH	0 to 14 units	0.01 unit	±0.2 unit
ORP	-999 to +999 mV	0.1 mV	±20 mV

2.3.1. Perencanaan Board Utama

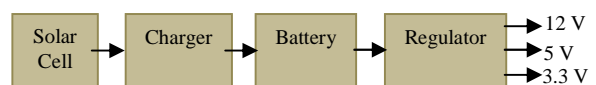
Board utama berfungsi untuk mengendalikan komunikasi serial ZigBee-Pro dan sensor digunakan USART, SD card sebagai unit memory dihubungkan dengan SPI, RTC dan monitoring tegangan Battery digunakan I2C. Sedangkan pada node gateway modem dihubungkan dengan emulasi serial. Gambar 6 adalah layout detail board utama system.



Gambar 6. Layout Board Utama

2.3.2. Perencanaan Sumber Tegangan

Unit ini dipergunakan untuk memberikan supply daya pada keseluruhan sistem yang dibangun. Energy utama dihasilkan oleh solar cell, kemudian diperlukan perangkat charger untuk melakukan pengisian accu atau battery, selanjutnya keluaran dari battery disambungkan ke unit regulator. Gambar 7 ditunjukkan aliran informasi supply yang dirancang, dimana dibutuhkan 3 jenis keluaran tegangan untuk keseluruhan system, yakni 12 Volt, 5 Volt serta 3.3 Volt.



Gambar 7. Blok Diagram Perangkat Sistem Supply

Dengan asumsi system solar cell-buck conv atau charger mode normal (teg konstan 13.8 volt tanpa terminator) –Accu-regulator atau buck conv atau switching power supply - rangkaian. masing masing dianggap memiliki efisiensi 80%.

Supply akan dipergunakan untuk perangkat dari sistem:

- Microcontroller
- SD Card
- Zigbee Pro
- Sensor
- RTC
- Modem
- Chip Support

Akan memerlukan arus sekitar 500 s/d 1000mA, atau rata-rata 750 mA selama maksimum 16 jam (16:00 s/d 08:00). Sedangkan regulator perlu merubah dari tegangan 12 Volt menjadi 5 Volt dengan efisiensi 80%, menyerap arus $750\text{mA} \times 5\text{v} / 12\text{v} / 80\% = 390\text{ mA}$.

Accu atau battery kering dengan eff 80% memiliki kapasitas $390\text{mA} \times 16\text{ jam} / 80\% = 7.8\text{ Ah}$ (yang digunakan 17.2 Ah). Charger menerima daya dari solar cell digunakan untuk mengisi Accu, anggap efisiensi dari charger dan solar cell sekitar 80%. Selama 8 s/d 10 jam pengisian diperkirakan energi solar cell sebesar 300% daya puncak (wp) jam, sehingga daya puncak solar cell yang diperlukan $7.8\text{ Ah} \times 12\text{v} / 300\% / 80\% / 80\% = 49\text{ WP H}$.

Diasumsikan arus rata-rata sekitar 750mA pada tegangan 5 Volt. arus pada tegangan 3.3 Volt dapat diabaikan dan arus pada 12 Volt, meskipun besar, tetapi energinya jauh lebih kecil, karena jarang digunakan (kurang dari 1/32 energi pada tegangan 5 Volt).

Untuk energi solar cell diperkirakan digunakan mulai jam 7 s/d jam 17 mengikuti bentuk daya seperti segitiga dengan puncak (daya puncak 100% pada jam 12) sehingga total energi diperkirakan 300% daya puncak jam (wp h), sehingga rumus konversinya menggunakan faktor 300% H.

Solar Cell yang digunakan mempunyai datasheet sebagai berikut:

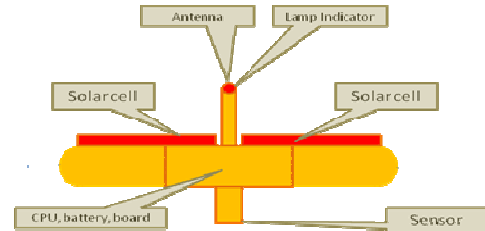
- Maximum Power (PM) 20 W
- Open circuit voltage (Voc) 21.6 Volt
- Short Circuit Current (Isc) 1.21 A
- Maximum Power Voltage (Vmp) 17.6 V
- Maximum Power Current (Imp) 1.14 A
- Working Temperature -45 C - + 85 C

2.4. Perencanaan Cashing

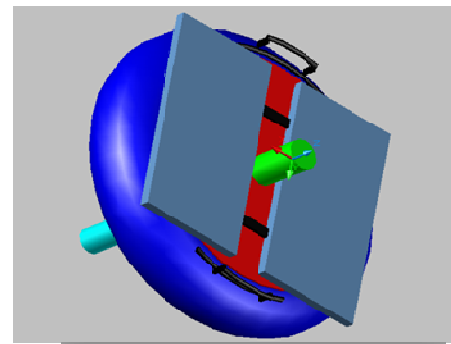
Satu unit Node akan dirangkai dalam satu casing yang harus mengapung di atas air sungai, sehingga harus

dirancang dengan secermat mungkin, karena didalam casing tersebut disimpan semua rangkaian elektronik.

Gambar 8 adalah layout casing dari satu node, dan gambar 9 adalah prototype tiga dimensi dari casing yang akan dibuat.



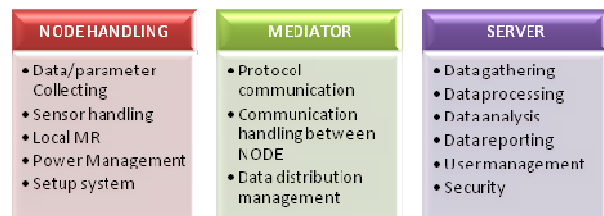
Gambar 8. Layout Cashing



Gambar 9. Prototype Tiga Dimensi

2.4. Perencanaan Perangkat Lunak Sistem

Ada dua jenis modul aplikasi yang dibuat, yakni pada bagian Node dengan menggunakan bahasa pemrograman C Embedded serta Bahasa pemrograman PHP untuk tampilan di WEB. Gambar 10 dijelaskan fungsi masing-masing bagian dari perangkat lunak yang dibangun.

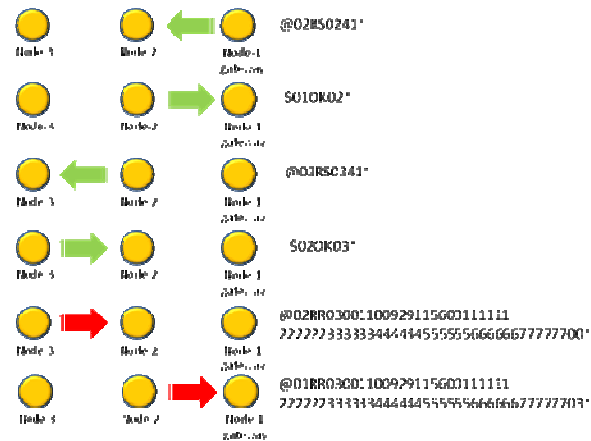


Gambar 10. Rincian Fungsi Modul Aplikasi

2.5. Perencanaan Protokol Komunikasi

Agar terjadi komunikasi antar node maka perlu direncanakan protkol komunikasi, Komunikasi dirancang dengan konsep node bersifat pasif, hanya mengirimkan data saat diminta, namun ada kemungkinan jika satu node mendapatkan parameter extreme maka node bersangkutan melaporkan ke gateway.

Pada gambar 11 diberikan ilustrasi bagaimana perjalanan data dari node ke-tiga menuju node ke-satu atas permintaan node ke-1.



Gambar 11. Ilustrasi Aliran Data dari Node 1 ke 3

3. Realisasi dan Data Hasil Pengukuran

3.1. Integrasi Perangkat

Setelah dipasang semua perangkat baik bagian dalam casing maupun di luar casing menjadi perangkat kompak yang siap diluncurkan di atas air sungai. Gambar 12 ditampilkan perangkat lengkap yang telah dirakit dengan modul solar cell pada posisi diatas casing dengan harapan selama sehari penuh mampu menangkap sinar matahari. Sedang gambar 13 ditunjukkan posisi sensor yang berada dibawah Casing, dengan design kedap air.



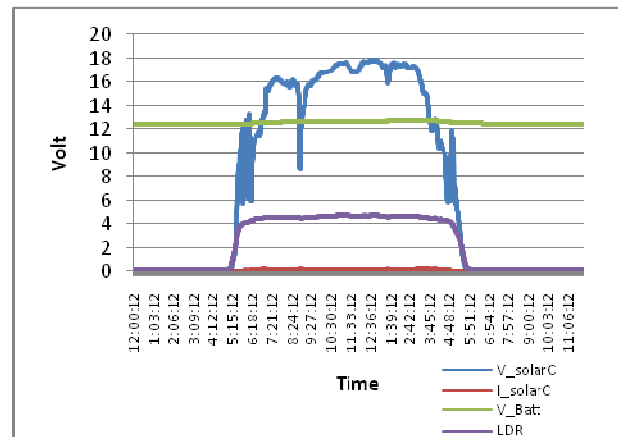
Gambar 12. Casing Dengan Atap Solar Cell



Gambar 13. Casing Lengkap Dengan Sensor di Bawah

3.2. Monitoring Intensitas Cahaya

Dengan menggunakan modul data acquisition selama beberapa hari dilakukan perekaman dengan parameter tersimpan tegangan solar cell, arus solar cell, tegangan baterey serta intensitas caha menggunakan LDR.



Gambar 14. Monitoring Intensitas Cahaya Matahari

3.3. Pengujian Regulator Tegangan

Tabel 1 menunjukkan hasil pengujian dari regulator yang dibangun,

Tabel 1. Tabel Pengujian Regulator

INPUT BATTERY (Volt)	OUTPUT (Volt)			MON Output (Volt)
	OUT 1 (3.3 V)	OUT 2 (5 V)	OUT 3 (12 V)	
10	3,29	5,13	11,95	1,64
11	3,29	5,13	11,95	1,81
12	3,29	5,13	11,95	1,97
13	3,29	5,13	11,95	2,14
14	3,29	5,13	11,95	2,3
15	3,29	5,13	11,95	2,47
16	3,29	5,13	11,95	2,64

3.4. Pengujian Pengiriman Data

Setelah dilakukan integrasi system kemudian dilakukan pengujian dengan object air sebenarnya, kemudian dari hasil monitoring dalam tiap node

kemudian dikirimkan ke gateway dan ke server, selanjutnya dilakukan pengolahan data di WEB, sehinggabisa diakses oleh publik.

Domain dipakai nama www.anangtj.com, dan telah dilakukan ujicoba dengan hasil penampilan pada web seperti ditunjukkan pada gambar 15 hingga 17.



Gambar 15. Halaman Utama WEB



Gambar 16. Online Monitoring satu Node



Gambar 17. Parameter online

Kesimpulan

Daftar Pustaka

Ananthram Swami, Qing Zhao, Yao-Win Hong, Lang Tong (2007). "Wireless Sensor Networks Signal Processing and Communications Perspectives", John Wiley & Sons, England.

Basuki Widodo (2006) : "Simulasi Model Penyebaran Polutan Di Sungai Pada Aliran Laminer", Jurnal Aksial, Vol. 7 Nomor 3, Desember 2005 Majalah Ilmiah Teknik Sipil-Teknik Sipil FT – Univ. Wijaya Kusuma Surabaya, hal. 179 - 188.

Kazem Sohraby, Daniel Minoli, Taieb Znati (2007), "Wireless Sensor Networks Technology, Protocols, and Applications", John Wiley & Sons, Inc, Canada.

Mohammad Ilyas and Imad Mahgoub (2005), "Handbook of Sensor Compact Wireless and Wired Sensing Systems", CRC Press LLC, USA.

Nieke Karnaningrum, Nadjadji Anwar, Basuki Widodo, Wahyono Hadi, Ediyatno dan Sri Wulandari (2004) : "Penyebaran Polutan Di Sungai Dengan Aliran Horizontal 2 (Dua) Dimensi Dengan Metode Beda Hingga Eksplisit", Jurnal Teknologi dan Lingkungan (TEKNOLING) – Pusat Kependudukan dan Lingkungan Hidup LPPM-ITS, Vol. 2-No. 2/Juli 2004, hal 36 – 47.

Nieke Karnaningroem, Nadjadji Anwar, Basuki Widodo, Wahyono Hadi, Ediyatno, Sri Wulandari, Farhan Nizam'ar dan Aditya Maharani (2006) : "Hydrodynamic of Pollutant Dispersion in River", Majalah IPTEK – ITS Volume 17, No. 4, November 2006, hal 136-146.

Römer, Kay; Friedemann Mattern (December 2004), "The Design Space of Wireless Sensor Networks", IEEE Wireless Communications 11 (6): 54–61, doi:10.1109/MWC.2004.1368897.

Thomas Haenselmann (2006-04-05), Sensornetworks, GFDL Wireless Sensor Network textbook.

Tiwari, Ankit et. al, Energy-efficient wireless sensor network design and implementation for condition-based maintenance, ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN).