

"PERANAN FISIKA PADA DISIPLIN ILMU TEKNIK KIMIA"

Ir. HARRYS SIREGAR

**Program Study Teknik Kimia
Fakultas Teknik
Universitas Sumatera Utara**

BAB I PENDAHULUAN

Kata Fisika bersal dari bahasa Yunani "Physic" yang berarti "alam" atau "hal ikhwal alam" sedangkan fisika (dalam bahasa Inggris "Physics") ialah ilmu yang mempelajari aspek-aspek alam yang dapat dipahami dengan dasar-dasar pengertian terhadap prinsip-prinsip dan hukum-hukum elementernya. Selanjutnya fisika dapat didefinisikan dalam berbagai pengertian, satu diantaranya mengatakan bahwa fisika adalah ilmu yang mempelajari suatu zat dan energi atau zat dan gerakan.

Fisika sebagai ilmu memiliki arti yang sangat luas. Tetapi dalam persoalan sering dijumpai khususnya dalam bidang teknik (kimia) yang mempelajari tentang gerakan atom dalam perpindahan panas (termodinamika).

Sejak ditemukannya teleskop oleh Galileo Galilei (1564-1642), perkembangan ilmu fisika sangat pesat sebab para ahli pada saat itu telah dapat dijelaskan dengan ketiga hukum Kepler yang ditemukan oleh Johannes Kepler. (1571-1630). Perkembangan fisika yang sangat penting ialah mekanika yang bertumpu pada hukum-hukum gerak, massa dan gaya oleh Sir Isaac Newton (1642-1727). Hukum Newton ini merupakan salah satu dasar hukum dari ilmu teknik. Hukum ini dinyatakan sebagai berikut :

$$a = \frac{F}{m} \quad (\text{m/s}^2)$$

dimana : F = gaya (Newton atau Kg.m/s¹)
 m = massa benda (Kg)
 a = percepatan (m/s²)

Hingga tahun 1890-an ilmu fisika seakan-akan telah merupakan bangunan ilmu yang mantap, sehingga orang akan percaya bahwa tidak akan ada hukum-hukum baru yang ditemukan lagi.

Ruang lingkup fisika hingga sekarang mencakup cabang-cabang ilmu. mekanika, termodinamika, bunyi, optika, listrik, magnet dan medan magnet listrik.

Fisika adalah ilmu yang fundamental yang mencakup semua sains dan benda-benda hidup (biologi, zoologi, dan lain-lain) maupun sains fisika (astronomi, kimia, fisika). Fisika pada dasarnya membahas tentang materi dan energi adalah akar dari tiap bidang sains dan mendasari semua gejala.

Fisika juga dapat diartikan sebagai ilmu pengetahuan tentang pengukuran, sebab segala sesuatu yang kita ketahui tentang dunia fisika dan tentang prinsip-prinsip yang mengatur prilakunya telah dipelajari melalui pengamatan-pengamatan terhadap gejala alam. Tanpa kecuali gejala-gejala itu selalu mengikuti atau memahami sekumpulan prinsip umum tertentu yang disebut hukum-hukum fisika.

BAB II GAMBARAN SECARA UMUM TENTANG FISIKA

2.1. Isi Fisika

Fisika merupakan salah satu cabang utama ilmu pengetahuan alam seperti: kimia, botani, astronomi, dan sebagainya. Fisika memiliki ciri khas yaitu pelukisan kenyataan menurut aspek-aspek yang memungkinkan pencatatan atau pengamatan indrawi secara langsung. Data-data indrawi haruslah dimengerti tepat menurut penampakkannya. Dewasa ini, pencatatan ataupun pengamatan sering berlangsung melalui suatu instrumentarium yang sangat kompleks, yang didalamnya mengandung banyak unsur teoritis. Penggunaan instrumen memperlihatkan betapa eratnyanya kaitan antara teori dengan data empiris.

Eksperimen yang dilakukan dalam fisika memungkinkan faktor-faktor yang ditinjau dari jauh lebih teliti dan membuka kemungkinan untuk mempelajari lapisan-lapisan dalam potensi-potensi alam, yang tanpa eksperimentasi akan lolos sama sekali dari perhatian. Objektivitas dalam fisika adalah objektivitas yang menyangkut hal-hal yang diberikan oleh objek, sehingga setiap eksperimen pada prinsipnya dapat diulangi.

Isi dan organisasi materi serta pemaparan struktur dan pengertian pokok dalam fisika mempelajari hal-hal yang fundamental tentang zat dan energi. Dalam fisika mekanika dan teori medan merupakan cabang-cabang utama. Mekanika menelaah gerak partikel dibawah pengaruh gaya-gaya, dan teori medan mengkaji asal, perilaku dan sifat medan gravitasi, medan elektro magnetik, medan nuklir, dan dan gaya lainnya.

2.2. Cabang-cabang Ilmu Fisika

Pembagian fisika secara umum terdiri dari dua bagian yaitu :

1. Pembagian secara klasik
2. Pembagian secara modern

1. Pembagian secara Klasik.

Fisika didasarkan pada kelompok umum gejala alam yang dipelajari dengan metode yang khas untuk kelompok yang bersangkutan, yaitu :

- * Mekanika klasik
- * Kalor dan termodinamika
- * Teori kinetik gas
- * Mekanika statistik
- * Optika
- * Akustik
- * Listrik
- * Elektromagnetik

2. Pembagian secara Modern

Fisika juga dikelompokkan yang didasarkan pada jenis struktur dalam alam yang dipelajari oleh cabang yang bersangkutan, yaitu:

- * Mekanika kuantum
- * Relativitas
- * Atom Inti
- * Partikel elementer
- * Fisika gas dan plasma
- * Biofisika

BAB III TINJAUAN PUSTAKA

3.1. Pengertian Fisika secara Umum.

Fisika adalah ilmu yang paling fundamental dan mencakup semua Sains, baik Sains benda-benda hidup maupun Sains fisika. Dalam pengertian secara luas fisika itu cabang dari ilmu pengetahuan yang menguraikan dan menjelaskan tentang unsur-unsur dalam bumi serta penomenanya.

Fisika juga merupakan ilmu pengetahuan kuantitatif atau ilmu pengetahuan tentang pengukuran, percobaan, dan hasil percobaan secara sistematis. Diantara ilmu seperti astronomi, kimia, metalurgi, geologi, dan ilmu biologi tidak mungkin memberikan definisi yang akurat tanpa mempergunakan dasar-dasar dalam ilmu fisika tetapi selama abad XX penelitian fisika, seperti type penelitian ilmu pengetahuan, sedang mempelajari struktur dari unsur atom dan inti atom.

Tidak ada batas dari definisi ilmu fisika yang akurat, ilmu pengetahuan yang berbeda adalah sebagai contoh yang nyata bahwa ada ilmu dan batas ilmu pengetahuan yang dipakai sebagai percobaan dengan nama-mana gabungan yaitu: kimia fisika, fisika astronomi, fisika geologi, fisika biologi, kimia biologi, dan fisika obat-obatan.

Fisika merupakan ilmu yang lebih banyak memerlukan pemahaman dari pada penghapalan. Kunci kesuksesan dalam belajar fisika yaitu ada kemampuan kita untuk memahami tiga hasil pokok fisika yaitu;

- konsep-konsep / penertian
- hukum-hukum / asas-asas
- teori-teori

Pemahaman dapat ditunjukkan oleh kemampuan untuk menerapkan berbagai hasil pokok itu. Melakukan percobaan, mengukur, menginterpretasikan, mengamati, menyimpulkan merupakan bagian dari fisika. Karena itu melakukan percobaan merupakan suatu keharusan.

Dalam fisika dicari beberapa korelasi fisika. Dari berbagai gejala yang terjadi di sekeliling kita, dicari sifat dan karakteristik tertentu hingga beberapa kejadian yang berbeda dapat dimengerti sebagai contoh dari suatu prinsip umum tertentu. Sebagai contoh perhatikan beberapa benda dengan berat berbeda yang dijatuhkan. Ternyata bila dijatuhkan dari ketinggian yang sama maka benda-benda tersebut tiba di tanah dalam waktu yang sama bila gesekan dalam udara dapat diabaikan. Inti dari kejadian-kejadian ini adalah contoh dari prinsip umum yang didapat dari proses generalisasi, yaitu: "*laju jatuh bebas suatu benda tidak tergantung pada berat benda*".

Proses membuat pernyataan umum yang didasarkan beberapa pengamatan atau percobaan disebut proses *induksi*. Pernyataan umum yang telah dibuat ini selanjutnya dapat digunakan untuk meramal hasil percobaan maka hasil percobaan lain melalui proses *deduksi*. Bila ramalan tersebut sesuai dengan hasikan percobaan maka pernyataan umum diterima, sedangkan bila terjadi perbedaan maka sumber ketidak sesuaian itu perlu dicari. Mungkin kesalahan terjadi dalam percobaannya namun mungkin, pula telah terjadi penurunan atau deduksi yang salah dari pernyataan umum tadi menuju kehasil peramalan. Bila kedua proses tadi tidak ada yang salah, maka pernyataan umum yang perlu dimodifikasi atau ditolak sama sekali.

Keberhasilan sains dicapai karena para ilmuwan telah mengembang dan menggunakan suatu metoda yang sangat efektif. Galileo, ilmuwan terkenal yang sering kali disebut sebagai "Bapak Metoda Ilmiah", telah mengajarkan seperti telah tersirat dalam pembahasan diatas sebagai berikut :

1. Mengenali permasalahan
2. Menebak atau menduga jawabannya

3. Meramalkan akibat dari dugaan tersebut
4. Melakukan percobaan untuk menguji ramalan
5. Merumuskan teori termudah sehubungan dengan ramalan dan hasil percobaan tadi

Pentingnya hubungan yang erat antara prinsip-prinsip fisika dan sifat-sifat fisis yang teramati di alam nyata merupakan perbedaan penting dan fundamental antara fisika dan matematika, terutama matematika murni, hanya berhenti pada pembentukan struktur yang konsisten dan logis berdasarkan aturan-aturan logis tertentu, namun tidak dikaitkan dengan hal-hal nyata diluar itu. Bila hubungan yang sudah dapat dikaitkan dengan alam nyata, maka ranah (domain) matematika telah ditinggalkan untuk masuk keranah fisika.

Fisika memberi prinsip-prinsip dasar, yang bersama-sama dengan teknik matematika yang tepat, akan merupakan unsur yang penting dalam perkembangan rekayasa (engineering). Rekayasa merupakan terapan dari prinsip-prinsip sains pemecahan permasalahan praktis. Sasaran utama dari fisika adalah mengerti prinsip-prinsip dari dunia fisika dan tidak menerapkan ke hal-hal yang praktis. Hal yang terakhir ini adalah tugas dibidang rekayasa, walaupun banyak juga fisikawan yang terlibat dalam pekerjaan yang sifatnya atau sebagian dari padanya bersifat rekayasa. Memang tidaklah mungkin dan tidaklah perlu untuk membuat garis yang tegas antara fisika dan rekayasa. Jadi, walaupun fisika berhubungan dengan prinsip-prinsip dasar, namun latihan untuk menerapkan latihan-latihan ini adalah penting untuk mendapatkan pengertian yang mantap.

Tujuan belajar fisika adalah untuk memberikan pengetahuan dan pemahaman terhadap penerapan konsep-konsep fisika dan metode ilmiah yang melibatkan ketrampilan proses untuk memecahkan berbagai permasalahan dalam kehidupan sehari-hari. Disamping itu, melalui belajar fisika diharapkan pula untuk dapat meningkatkan perkembangan IPTEK, pelestarian lingkungan serta kekayaan alam Indonesia.

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa fisika adalah hal yang paling dasar dari ilmu pengetahuan. Fisika berhadapan dengan sifat dan struktur suatu bahan atau zat. Biasanya fisika dibagi lagi menjadi ilmu yang mempelajari gerak, cairan dan gas, panas, bunyi, cahaya, listrik dan kemagnetan, dan topik modern mengenai kerelativan, struktur atom dan fisika nuklir.

3.2. Hukum-Hukum Dasar Fisika.

Dalam ilmu fisika kita mengenal beberapa hukum-hukum dasar fisika. Salah satu hukum dasar fisika adalah hukum kekekalan energi yang berbunyi:

"Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan, tetapi dapat dirubah dari satu bentuk ke bentuk yang lain".

Hukum-hukum dasar fisika sangat berperan penting dalam penganalisaan suatu masalah fenomena alam, karena itu siapa saja yang merencanakan atau membina karier dalam bidang sains (biologi, kimia dan matematika) harus memiliki pemahaman yang mendalam tentang hukum-hukum dasar fundamental fisika.

Tujuan utama dari pemberian hukum-hukum dasar adalah memberikan suatu pandangan yang utuh tentang fisika. Hal ini sebaiknya dilakukan tanpa menyajikan hukum-hukum fisika, menjabarkan implikasi-implikasinya dengan mendiskusikan batas-batasannya. Dalam fisika dipelajari penerapan-penerapan, hukum-hukum dasar dalam pelajaran-pelajaran khusus. Oleh sebab itu fisika menyajikan apa yang dianggap sebagai ide-ide dasar yang membentuk inti fisika saat ini.

Dalam banyak program study fisika diajarkan seolah-olah merupakan kumpulan beberapa ilmu, yang sedikit banyak memiliki hubungan antara satu dengan yang lain tapi tanpa pandangan yang benar-benar utuh. Pembagian tradisional fisika kedalam mekanika, kalor dan teori kinetik, bunyi, optikal listrik dan magnet dan fisika modern sudah tidak dapat dipertahankan lagi. Kita telah

meninggal pola pendekatan tradisional ini sebagai gantinya diikuti penyajian yang logis dan utuh, dengan menekankan prinsip-prinsip kekekalan, konsep medan dan gelombang, dan pandangan atomik tentang materi. Teori relativitas khusus digunakan secara meluas pada seluruh ilmu fisika sebagai salah satu prinsip pemandu yang harus dipenuhi oleh setiap teori fisika. Banyak ide fisika kuantum yang diperkenalkan pada tahap yang agak dini.

Penyajian mekanika untuk memaparkan prinsip-prinsip dasar yang dibutuhkan untuk menggambarkan gerak yang kita amati disekeliling kita.

BAB IV HUBUNGAN FISIKA DENGAN TEKNIK KIMIA

Dalam teknik kimia, ilmu yang dipelajari salah satunya adalah fisika yang diharapkan dalam proses kimia. Semua prinsip-prinsip fisika sangat berperan penting dalam industri proses kimia. Teknik kimia tidak hanya mempelajari disiplin kimia tetapi juga mempelajari ilmu fisika. Sebenarnya bisa dikatakan bahwa fisikalah ilmu yang banyak dipelajari dalam ilmu teknik kimia. Misalnya tentang besaran dan satuan. Besar-besaran yang ada dalam fisika juga dipakai dalam disiplin ilmu teknik kimia. Elektrolisa yang berhubungan dengan arus listrik juga berkaitan dengan teknik kimia. Sehingga hubungan fisika dengan teknik kimia sangat erat sekali dalam penggunaan dan penganalisaan prinsip-prinsip ilmu pengetahuan tentang fenomena alam.

Hubungan fisika dengan teknik kimia dapat ditelusuri dari definisi dari masing-masing anggota yang berhubungan. Definisi tentang fisika telah banyak dibahas pada bab sebelumnya. Sedangkan definisi dari teknik kimia adalah sebagai berikut :

1. Menurut American Institute of Chemical Engineering.

Teknik kimia adalah suatu ilmu pengetahuan tentang matematika, kimia dan pengetahuan tentang ilmu-ilmu yang lain diperoleh dari study, pengalaman dan praktek yang diterapkan dalam pertimbangan untuk mengembangkan cara-cara yang ekonomis (menguntungkan) bagi penggunaan bahan dan energi untuk kepentingan manusia.

2. Menurut Ahli Teknik Kimia Indonesia.

Teknik kimia adalah salah satu dari bagian ilmu teknik yang mempelajari tentang bagaimana cara mengubah bahan baku (raw material) menjadi barang jadi atau setengah jadi yang mempunyai sifat fisika, kimia atau keduanya yang berbeda dari bahan semula untuk kepentingan meningkatkan kesejahteraan umat manusia.

Dari kedua definisi diatas terlihat jelas bahwa ilmu fisika merupakan ilmu fondasi penting bagi ilmu teknik kimia dalam mendukung perwujudan dari defeni-defenisi tersebut.

Seperti pada bab sebelumnya, kita sudah mengetahui bahwa ilmu fisika suatu ilmu pengetahuan yang, mempelajari bagian-bagian dari alam dan aksi didalamnya. Pada abad ke-21 ini, fisika telah mengalami perkembangan cepat sekali. Apalagi dalam perkembangan teknologi dunia didasarkan dari teori fisika. Dampak perkembangan fisika dapat dirasakan yaitu berupa perkembangan teknologi mutakhir, misalnya:

- * Penggunaan tenaga nuklir
- * Teknologi laser
- * Semi konduktor, dan lain-lain

Fisika juga telah banyak menguak tabir-tabir misteri dialam. Misalnya dulu orang menganggap panas adalah suatu misteri. Mereka tidak tahu penyebab timbulnya panas. Tapi setelah ditemukan teori atom orang telah mengerti bahwa

panas itu sebenarnya akibat gerakan dan tumbukan atom-atom. Teori tentang atom ini berhasil menyatukan dua konsep fisika yang berbeda yaitu: konsep panas dan konsep gerak (mekanika).

Dalam ilmu teknik kimia, perpindahan panas merupakan salah satu dasar ilmu teknik kimia. Ilmu teknik kimia yang berhubungan dengan proses-proses kimia dalam suatu industri perlu mempelajari perhitungan dari proses tersebut yang dasar teorinya adalah dari fisika (termodinamika). Perhitungan ini berguna untuk pengawasan dari proses kimia yang berlangsung dan untuk mengetahui berapa banyak bahan atau keadaan suatu reaksi (besarnya tekanan, suhu, panas, dan lain-lain). Ini sangat diperlukan agar proses tersebut dapat dijalankan.

Seorang satjana Teknik Kimia harus menguasai dan mendalami dasar-dasar fisika yang sangat penting untuk mempelajari mata kuliah bidang teknik kimia khususnya dalam teori tentang termodinamika.

Termodinamika merupakan salah satu bidang ilmu fisika yang mempelajari tentang berbagai macam bentuk tenaga dalam bentuk suatu sistem. Misalnya tenaga listrik, tenaga kimia, tenaga radiasi, tenaga panas, tenaga cahaya dan sebagainya.

Termodinamika hanya mempelajari hubungan antara tenaga awal dan tenaga akhir dari sistem tersebut. Tenaga dari sistem adalah jumlah tenaga potensial dan tenaga kinetiknya. Termodinamika memiliki dua hukum yang sangat penting untuk dasar ilmu teknik kimia.

Hukum I termodinamika

"Tenaga tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan tapi hanya dapat diubah dalam bentuk tenaga lainnya".

Hukum II termodinamika

"Semua proses-proses yang terjadi didalam alam bertendensi terjadi dengan kenaikan entropi".

Kedua hukum tersebut penting sekali guna menyelesaikan satu persoalan dalam proses industri kimia.

BABV SASARAN DAN TUJUAN ILMU FISIKA PADA TEKNIK KIMIA

Sasaran utama fisika dalam teknik kimia adalah untuk mengungkapkan berbagai interaksi yang terdapat kedalam suatu proses, terutama interaksi, gravitasional, elektromagnetik dan inti. Interaksi tersebut dinyatakan secara kuantitatif yang membutuhkan matematika, karena itu matematika adalah bahasa dari fisika.

Tujuan fisika dalam teknik kimia adalah:

1. Untuk memungkinkan kita memaharni komponen dasar materi, energi dan interaksi diantaranya, kareananya mampu menerangkan gejala alam, termasuk sifat-sifat materi maupun energi dalam kelompok.
2. Teori seragam mengenai permasalahan proses pengolahan materi menjadi suatu produk dalam bentuk matematika.

BAB VI
PENERAPAN ILMU FISIKA PADA TEKNIK KIMIA

6.1. Penerapan Hmo Fisika

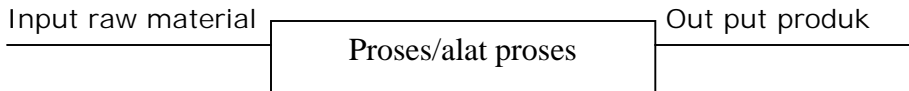
Fisika menguraikan dan menganalisa struktur dan peristiwa-peristiwa dalam alam, teknik dan dunia sekeliling kita. Dalam pada itu ditemukan aturan-aturan atau hukum-hukum dalam alam yang mungkin dapat menerangkan gejala-gejala berdasarkan struktur logika antara sebab dan akibat dengan bantuan penalaran dan pengalamannya, membuat model serta teori fisis ilmu-ilmu pengetahuan yang menggunakan fisika.

Sejak gravitasi Newton, astronomi berkembang menjadi astrofisika. Dengan teori kuantum dapat diterangkan teori-teori yang nyata dalam kimia, walaupun banyak masalah kimia sering dapat dipecahkan dengan metode kimia klasik. Bahkan terjadinya hidup dalam ilmu biologi dapat dipahami dengan termodinamika modern secara fisis.

Keteknikan juga diilhami oleh ilmu fisika, teknik bangunan, teknik persenjataan, juga teknik mesin uap merupakan jangkauan fisika. Sebaliknya, teknik listrik adalah penerapan hasil fisis. Ilmu teknik merupakan aplikasi dan pengembangan dari ilmu fisika untuk menjawab kebutuhan manusia. Pada keabad ke-21 ini, ilmu teknik bersatu dalam tugas penelitian. Dengan metode fisis, bagian tertentu dari alam diteliti untuk memecahkan masalah-masalah tertentu seperti: penyediaan energi, penggarapan informasi dan bahan sintesis dan lain-lain.

6.2. Aplikasi Fisika Dalam Teknik Kimia

- a) Untuk penyusunan neraca bahan maupun energi sistem proses dan dasar penalaran reaksi kimia maka digunakan hukum fisika tentang kekekalan massa (massa tidak dapat diciptakan tetapi dapat diubah bentuknya).



Neraca bahan sistem :

$$\left| \begin{array}{l} \text{Laju} \\ \text{akumulasi} \\ \text{massa} \end{array} \right| = \left| \begin{array}{l} \text{Laju} \\ \text{massa} \\ \text{masuk} \end{array} \right| - \left| \begin{array}{l} \text{Laju} \\ \text{massa} \\ \text{keluar} \end{array} \right| + \left| \begin{array}{l} \text{Laju massa} \\ \text{yang bereaksi} \\ \text{(berubah)} \end{array} \right| + \left| \begin{array}{l} \text{Laju massa yang} \\ \text{hilang menjadi} \\ \text{energi} \end{array} \right|$$

- b) Untuk rancangan proses dan disains peralatan diperlukan ilmu fisika tentang mekanika dan termodinamika.
Hukum fisika tentang hukum Newton I ($\Sigma F=0$). Hukum Newton II ($F= m.a$), hukum Newton III ($F_{aksi} = F_{reaksi}$), hukum momentum dan hukum-hukum lainnya banyak diterapkan dalam menelaah dan menelari gerakan partikel terutama fluida pada aliran proses. Demikian halnya dengan ilmu fisika tentang termodinamika.
- c) Untuk melakukan pengukuran-pengukuran yang bersifat fisis seperti mengukur volume, massa, energi dan lain-lain dilakukan dalam suatu analisa penelitian.
- d) Menjawab fenomena kimia bahan dalam proses produksi yang sebenarnya timbul dari interaksi muatan listrik molekuler.

Namun secara umum dapat dikatakan bahwa ilmu fisika tentang mekanika dan termodinamika paling sering dijumpai untuk memecahkan perancangan, proses dan alat proses, pengendalian proses, pengetahuan tentang bahan, yang terlibat dalam proses dan penentuan kondisi-kondisi optimum pada suatu proses.

BAB VII KESIMPULAN

1. Hampir tidak ada suatu kegiatan riset termasuk arkeologi, paleontologi, sejarah, kesenian maupun ketenikan yang dapat berlangsung tanpa menggunakan hukum-hukum dasar fisika.
2. Ilmu fisika tentang mekanika dan termodinamika, sering dijumpai dalam study ketenik kimiaan.
3. Seorang sarjana teknik kimia harus memahami betul tentang teori ilmu-ilmu fisika agar dapat diterapkan untuk mendapatkan cara-cara yang lebih ekonomis dalam menjalankan suatu proses.

DAFTAR PUSTAKA

- Druxes H, Kompendium Didaktik Fisika CV.Remadja Karya, 1986.
Serway R.A., Phvsics for Scientist and Engeneering, Second edition, Saunders College Publishing, Philadelphia, 1986.
Silalahi O., Fisika Dasar I, Cetakan Pertama, FPMIPA IKIP Medan, 1993.
Woodbridge F., Fundamental Principles of Physics, Addison-Wesley Publishing Company, 1967.
Fundamental University Physics, 2nd Edition, Addison-Wesley, Publishing Company, Inc., 1980, Penerbit Erlangga.
Halliday, Jilid 1 , Fisika, 1995.