

PERKEMBANGAN TEKNOLOGI PEMETAAN DAN KAITANNYA DENGAN PENDIDIKAN

Oleh
Sunar Rochmadi

Abstrak

Teknologi pemetaan berkembang makin pesat pada akhir abad ke-20 ini. Perkembangan tersebut terutama berupa makin berperannya teknologi elektronika dan informatika. Teknologi pemetaan mutakhir telah menunjukkan berbagai kelebihan dibanding teknologi konvensional.

Di samping mempunyai berbagai kelebihan, teknologi pemetaan baru ternyata mempunyai beberapa keterbatasan pula. Di samping itu, teknologi yang lebih canggih menuntut kualitas pemakaian yang lebih tinggi. Untuk itu teknologi baru perlu dipahami dengan benar.

Untuk mengantisipasi perkembangan teknologi, dunia pendidikan harus mampu menangkap arah perkembangan tersebut. Peserta didik harus disiapkan agar mampu berkembang dan mengembangkan ilmunya, antara lain dengan bekal pengetahuan dasar yang kuat.

Pendahuluan

Sebagaimana teknologi di bidang lainnya, teknologi pemetaan berkembang semakin pesat pada penghujung abad ke-20 ini. Pesatnya perkembangan teknologi pemetaan terutama pada peralatan yang digunakan. Perkembangan peralatan ini tentu saja diikuti oleh perkembangan metode, walaupun prinsip-prinsip dasarnya masih sama.

Kecenderungan umum yang tampak pada perkembangan teknologi pemetaan adalah bergesernya peralatan mekanis dan optis ke peralatan elektronis. Sedangkan pemakaiannya pun bergeser dari manual ke otomatis. Perkembangan ini ditunjang oleh makin besarnya peranan teknologi elektronika dan informatika pada pemetaan, mulai dari pengumpulan data, pengolahan, hingga penyajian data dan penyimpanannya.

Perkembangan yang lain adalah semakin sedikitnya porsi pekerjaan yang berupa pengamatan langsung di lapangan.

Pekerjaan lapangan atau pengukuran terestris sedikit demi sedikit digantikan oleh pengamatan data yang direkam dengan tanpa menyentuh objeknya atau sering disebut teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*). Termasuk di dalamnya adalah pemotretan dari stasiun di atas tanah atau fotogrametri terestris, pemotretan dari pesawat terbang atau fotogrametri udara dan penginderaan dengan satelit.

Dalam memandang perkembangan teknologi pemetaan tersebut masyarakat awam atau bahkan mahasiswa yang belajar ilmu pemetaan atau lebih banyak dikenal dengan nama Ilmu Ukur Tanah masih sering keliru. Teknologi baru dianggap mampu mengatasi segala kelemahan yang ada pada teknologi sebelumnya sehingga dapat menggantikan seluruh peran teknologi lama. Oleh karena itu, teknologi lama dianggap pantas ditinggalkan seluruhnya. Sering terlupakan bahwa teknologi baru itu pun masih mengandung kelemahan pula.

Kekeliruan umum yang lain adalah menganggap bahwa dengan adanya perkembangan teknologi yang begitu pesat maka merasa tidak akan mampu mengikutinya. Bahkan merasa bahwa mempelajari teknologi yang ada dianggap tidak akan berguna atau sia-sia belaka karena tidak akan terpakai pada masa yang akan datang.

Melihat dua anggapan keliru di atas, sudah semestinya pendidikan teknologi pemetaan berupaya menghilangkannya. Peserta didik harus diberi pengertian tentang adanya keterbatasan pada teknologi yang betapapun canggihnya. Di samping itu, harus diarahkan pemahaman bahwa penguasaan teknologi yang ada sangat penting artinya untuk menguasai prinsip-prinsip dasar yang akan sangat berguna untuk menguasai teknologi yang lebih canggih.

Perkembangan Teknologi Pemetaan

Pergeseran sistem peralatan terjadi di semua sektor pemetaan. Terjadi perubahan dari pengukuran yang mengandalkan mata dan telinga manusia (*ear and eye observation*) beralih ke sensor elektronik (*digital data Observation*) (Sinaga, 1991:3). Untuk pengukuran jarak, berbagai pabrik alat ukur di berbagai negara, seperti Jepang, Swiss, Jerman dan Swedia telah menawarkan berbagai merk dan tipe alat ukur jarak elektronis atau EDM (*Electronic Distance Measurement*).

Bahkan akhir-akhir ini berbagai pabrik di Jepang, seperti Sokkisha, Topcon dan Pentax saling berlomba memproduksi Electronic Total Station (ETS) dengan tingkat ketelitian yang makin tinggi dan pengoperasian yang makin mudah. ETS adalah gabungan dari alat ukur jarak (EDM) dan alat ukur sudut (teodolit). Dengan ETS ini dapat pula diukur beda tinggi antara dua tempat dengan hasil yang diteliti. Dengan bergesernya alat ukur optis ke elektronis ini target ukur yang digunakan pun berubah dari mistar atau rambu ukur yang dibaca secara manual ke prisma reflektor yang memantulkan gelombang elektromagnetik yang diolah secara digital.

Kecenderungan beralihnya peralatan manual ke digital antara lain berupa berkembangnya pembacaan sudut, jarak dan beda tinggi digital. Selain pada pengumpulan data ukur dari permukaan bumi, kecenderungan digitasi ini meliputi pengukuran di atas peta pula, misalnya dengan adanya planimeter (alat pengukur luas) digital.

Di samping pada pengukuran, perkembangan digitasi juga meliputi pencatatan data ukur. Jadi, data tidak lagi dicatat dalam buku ukur, tetapi direkam dalam perekam elektronis atau semacam disket. Contoh perekam data elektronis adalah SDR 2 buatan Sokkisha (Jepang) yang merupakan kesatuan terpadu dengan ETS (Soeban, 1988:1). Dengan perekam data elektronis tersebut, tidak hanya kesalahan mencatat saja, tetapi juga kesalahan membaca sudut dan jarak dapat dihindari karena data ukur langsung direkam, yang selanjutnya data tersebut dapat diproses dengan komputer.

Untuk pengolahan data hingga penyajian dan penyimpanannya, di pasaran soft-ware telah tersedia berbagai paket program, antara lain program penggambaran garis tinggi atau kontur dan program desain jalan. Begitu pula telah ada penggambar koordinat digital yang mempunyai manfaat memperkecil kesalahan penggambaran koordinat suatu titik. Contoh paket program tersebut antara lain GIMMS dan CALFORM (Blakemore and Rybaczuk, 1987:46).

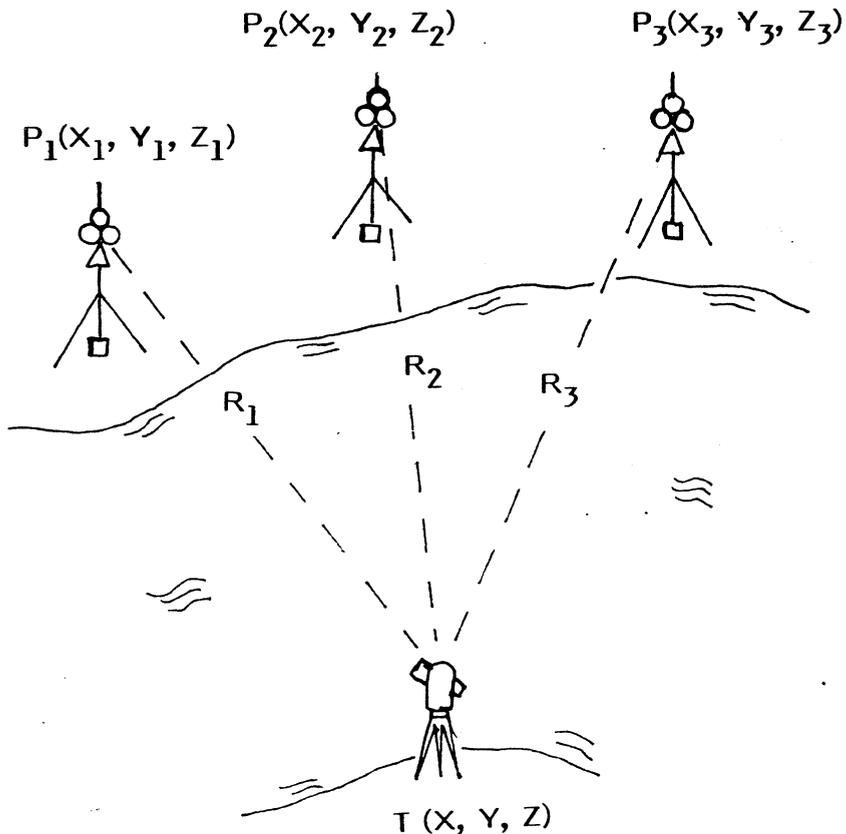
Mulai pertengahan tahun 1980-an berkembang paket program pengolahan data spesial berupa peta terpadu yang disebut *Geographic Information System* (GIS) atau sistem informasi geografik. Program GIS yang populer misalnya ARC/INFO yang dipasarkan oleh ESRI (*Environmental System Research Institute*), yang disusul oleh paket program dari in-

stitusi lainnya, seperti Integrator, Siemens dan Mc Donald Douglas (Blakemore and Rybaczuk, 1987:50). Pengertian peta pun bergeser dari peta analog yang tercetak pada lembaran kertas berubah menjadi peta elektronik yang tersimpan pada komputer digital (Soeprapto, 1991:2). Dengan peta digital ini dapat dibuat model atau simulasi, misalnya pada perencanaan tata ruang (Muller, 1991:57).

Perkembangan teknologi satelit untuk pemetaan mencakup dua jenis satelit sesuai dengan fungsinya, yaitu satelit penginderaan jauh (*remote sensing*) untuk pengukuran detail peta dan satelit penentuan posisi titik kontrol (*point positioning*) untuk pemasangan kerangka pemetaan. Untuk pengukuran detail peta berkembang berbagai satelit sumberdaya alam (*earth resources satellite*) antara lain satelit Landsat milik Amerika Serikat dan satelit SPOT milik Perancis.

Perkembangan penentuan posisi titik dengan satelit (*Satellite Positioning*), mulai dari sistem Doppler ke GPS (*Global Positioning System*). Penentuan posisi dilakukan dengan satelit dan penerima sinyal yang dipancarkan oleh satelit atau Georeceiver yang ditempatkan di titik yang akan ditentukan posisinya. Penentuan posisi ini menggunakan prinsip pengikatan ke belakang yang biasa dipakai pada pengukuran terestris (Sinaga, 1991:10) yang skemanya dapat dilihat pada Gambar 1.

Gambar 1
Teknik pengikatan ke belakang pada pengukuran terestris



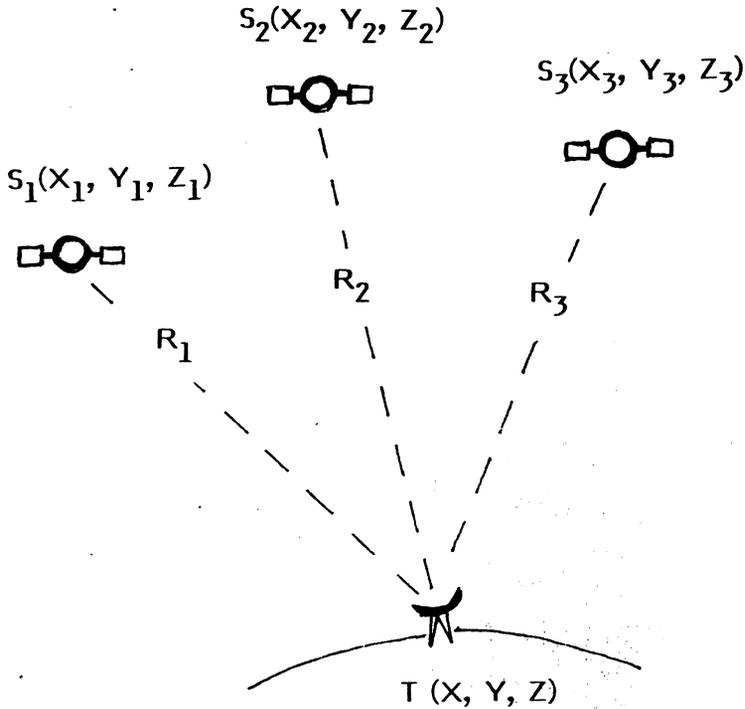
$P_i(X_i, Y_i, Z_i)$ = Posisi titik yang diketahui koordinatnya.

R_i = Jarak ke titik yang diketahui.

$T(X, Y, Z)$ = Titik yang ditentukan posisinya.

Pada teknologi GPS, posisi titik-titik yang diketahui koordinatnya diganti oleh beberapa posisi satelit yang koordinatnya dapat diketahui dari data lintasan satelit, dan ETS diganti oleh georeceiver. Skema penentuan posisi dengan GPS dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2
Teknik penentuan posisi dengan GPS



$S_i(X_i, Y_i, Z_i)$ = Posisi satelit.

R_i = Jarak ke satelit.

$T(X, Y, Z)$ = Titik yang ditentukan posisinya.

Kelebihan Teknologi Baru

Kehadiran teknologi modern di bidang pemetaan telah berhasil menggantikan beberapa teknologi konvensional yang ada. Perkembangan ini antara lain meliputi teknologi pengukuran jarak, penentuan posisi titik kontrol, pemetaan skala kecil dan menengah, dan survai daerah bencana. Penggunaan EDM yang mempunyai tingkat ketelitian makin tinggi telah menggeser peran pita ukur invar yang pelaksanaannya banyak memakan waktu.

Teknologi penentuan posisi titik kontrol dengan sistem Doppler dan GPS telah menggantikan pekerjaan triangulasi terestris. Akibatnya teori jaring triangulasi serta pelaksanaan pengukurannya dengan memasang titik-titik kontrol di puncak-puncak bukit atau pendirian menara pengamatan supaya dapat mengukur sudut antartitik-titik yang berjarak jauh tinggal menjadi catatan dalam sejarah pemetaan saja.

Begitu pula kehadiran foto udara dan citra satelit telah mengubah prosedur pemetaan skala menengah dan kecil. Peta-peta dengan skala tersebut tidak lagi diturunkan dengan cara generalisasi kartografis dari peta-peta skala besar, tetapi langsung digambar dari hasil interpretasi foto udara atau citra satelit.

Peran penginderaan jauh dengan satelit sangat potensial dalam pelaksanaan survai daerah bencana seperti banjir dan letusan gunung berapi justru pada saat terjadinya bencana tersebut, yang dalam hal ini, jelas tidak mungkin dapat dilakukan dengan pengukuran terestris maupun pemotretan dari pesawat terbang, sehingga penginderaan jauh dengan satelit merupakan satu-satunya cara untuk pemetaan daerah bencana (Sutanto, 1986:22).

Keterbatasan Teknologi Baru

Di balik keberhasilan dalam hal ketelitian, kecepatan dan efisiensi yang ditunjukkan dengan gemilang oleh penampilan teknologi pemetaan modern, ternyata masih ada beberapa keterbatasan. Kehadiran teknologi penginderaan jauh belum dapat menggantikan peran survai terestris untuk pemetaan skala sangat besar, misalnya untuk perancangan bangunan dan pengukuran batas persil tanah (Brinker dkk, 1986:7). Foto udara tidak mampu menghasilkan peta dengan skala yang lebih besar dari 1 : 5000 karena pesawat terbang tidak mampu terbang lebih rendah lagi (Aryono Prihandito, 1991:7). Skala peta terbesar yang dihasilkan dari citra satelit bahkan hanya 1 : 250.000 (Aryono Prihandito, 1991:5). Dengan demikian, peranan pengukuran terestris belum dapat digantikan, terutama pada pemetaan dengan skala yang lebih besar dari 1 : 5000.

Penginderaan jauh dengan pesawat terbang maupun satelit masih menemui hambatan yang besar untuk daerah

tropis basah seperti Indonesia. Hambatan ini timbul karena seringnya terdapat awan yang tidak tertembus oleh pengindera yang menggunakan gelombang natural. Penghalang awan ini sangat terasa terutama untuk wilayah Kalimantan dan Irian Jaya (Gastellu-Etchegorry, 1988:19). Hambatan ini dapat diatasi dengan mengganti sensor gelombang natural dengan gelombang artifisial misalnya LASER atau RADAR pada kamera yang dioperasikan dengan pesawat terbang. Gelombang artifisial ini mampu menembus awan dan pohon yang lebat. Akan tetapi hambatan baru timbul, yaitu biaya operasinya sangat mahal dan ketergantungan terhadap teknologi beserta tenaga ahli luar negeri sangat besar (Aryono Prihandito, 1991:6).

Keterbatasan yang sangat besar pengaruhnya tetapi sering tidak disadari oleh masyarakat awam tentang teknologi satelit penginderaan jauh adalah masih rendahnya daya pisah atau resolusi spasialnya. Resolusi spasial tertinggi dari teknologi yang sudah dipasarkan untuk keperluan sipil adalah citra satelit SPOT yang mempunyai kemampuan resolusi spasial 10 meter (Gastellu-Etchegorry, 1988:7). Ini berarti benda berukuran 10m x 10m di permukaan bumi merupakan satuan terkecil dari objek yang akan direkam sebagai satu titik yang di bidang penginderaan jauh disebut satu pixel. Dengan demikian, objek yang lebih kecil dibanding ukuran tersebut tidak akan terdeteksi.

Foto udara walaupun telah mampu menghasilkan peta dengan skala hingga 1 : 5000, dalam kenyataannya tidak akan efisien untuk pemetaan areal yang tidak begitu luas. Oleh karena itu, pemetaan terestris tetap akan berperan pada pemetaan lokal dengan lokasi kecil, misalnya pemetaan untuk perencanaan bangunan seperti jembatan, gedung, dan bendung berukuran kecil.

Pemahaman tentang keterbatasan suatu teknologi baru bukan berarti mencari alasan untuk menolaknya, melainkan untuk menerima sebagaimana mestinya dengan menempatkan pada posisinya secara proporsional, sehingga dapat membangkitkan rasa percaya diri untuk mengikuti perkembangan teknologi selanjutnya.

Kualitas Pemakai Teknologi

Suatu hal penting yang masih kurang disadari mahasiswa adalah meskipun peralatan mutakhir cenderung lebih mudah pengoperasiannya, tetapi alat tersebut menuntut kualitas pemakai yang lebih tinggi. Kualitas di sini mencakup antara lain kecermatan dan kreativitas dalam bekerja dengan alat pemetaan. Tanpa kualitas pemakai yang memadai, peralatan yang betapapun canggihnya tidak akan dapat dimanfaatkan secara optimal.

Sebagai ilustrasi tentang betapa pentingnya kecermatan pemakai adalah tingginya tingkat ketelitian EDM yang dapat mencapai ketelitian hingga 0,5mm. Sehingga, tingkat ketelitian ini akan tidak ada artinya bila pemakai dalam menempatkan posisi pesawat pada titiknya lebih kasar dari 0,5mm. Kecermatan penyetulan pesawat tersebut tetap merupakan hal yang vital dalam pengukuran dengan alat yang secanggih ETS sekalipun.

Sebagai contoh sederhana tentang pentingnya kreativitas adalah pemakaian kalkulator program seperti Casio FX 3600P dan Casio FX 3800P yang banyak dimiliki oleh mahasiswa. Dari pengamatan penulis, hampir tidak ada mahasiswa peserta kuliah Ilmu Ukur Tanah yang penulis asuh yang mampu menggunakan program untuk mempercepat proses hitungan yang melibatkan banyak data tetapi dengan rumus atau persamaan yang sama. Hitungan semacam itu misalnya dalam menghitung jarak optis dan beda tinggi secara takimetri dari data pembacaan sudut vertikal dan benang silang pada rambu ukur. Bahkan pada hitungan sederhana berupa konversi dari koordinat kutub ke koordinat siku-siku atau sebaliknya pun jarang yang mampu memanfaatkan tombol yang dapat mempercepat proses hitungan.

Pendidikan untuk Mengantisipasi Perkembangan Teknologi

Pada akhir abad ke-20 dengan mulainya era pasca perang dingin, teknologi pemetaan mutakhir diperkirakan akan membanjiri dunia pemetaan, disebabkan karena banyaknya teknologi militer dialihkan untuk keperluan sipil (Soekotjo Tjokrosoewarno, 1991:4). Sebagaimana yang terjadi selama ini, bahwa teknologi pengukuran dan pemetaan banyak di-

hasilkan dari penelitian dan pengembangan teknologi untuk keperluan militer. Kecanggihan teknologi pemetaan dengan satelit telah dipamerkan dengan sukses ketika Amerika Serikat dan sekutu-sekutunya melumpuhkan Irak dalam perang Teluk pada awal tahun 1991. Amerika Serikat memiliki beberapa satelit dengan resolusi spasial yang tinggi untuk keperluan militer, yaitu Lacrose dengan resolusi spasial 1 meter dan Keyholes dengan resolusi spasial 15cm (Trux, 1991: 26-28).

Untuk mengantisipasi perkembangan teknologi di bidang survai dan pemetaan, Soekotjo Tjokrosoewarno (1991:12) berpendapat bahwa supaya institusi pendidikan harus siap dengan pola pendidikan dan kurikulum yang lebih dinamis dan fleksibel. Untuk pendidikan teknologi dan kejuruan, Mager dan Beach yang dikutip oleh Agus Budiman (1989:23) menyatakan bahwa sasaran pendidikan adalah membawa siswa ke arah penampilan kemampuan sesuai dengan pekerjaan di lapangan dan mempunyai kemampuan untuk mengembangkan keterampilan sesuai dengan perkembangan yang ada.

Di bidang pendidikan tinggi, Sjamsir Mira (1988:1) menyatakan bahwa perguruan tinggi harus bisa melihat kecenderungan (trend), arah serta perkembangan ilmu dan teknologi. Agar para lulusannya mampu berkembang dan mengembangkan ilmunya, metode pendidikan yang dipakai harus sesuai dengan hakikat pendidikan tinggi (hal.2-3). Untuk mencapai maksud tersebut, Sjamsir Mira berpendapat bahwa pendidikan tinggi harus lebih banyak memberikan perhatian pada pengetahuan dasar, seperti Matematika, Fisika dan Komputer sehingga para lulusannya dapat berkembang dengan mudah serta dapat menghadapi perubahan serta perkembangan yang pesat di bidang ilmu dan teknologi (hal.3).

Teknologi konvensional yang sederhana, yang pada umumnya masih tetap mendominasi peralatan praktik di dunia pendidikan akan tetap berguna untuk dikuasai. Teknologi yang ada tersebut harus dimanfaatkan sebaik-baiknya sebagai dasar untuk menguasai teknologi yang lebih canggih. Prinsip kerja teknologi baru biasanya merupakan pengembangan atau penyempurnaan teknologi sebelumnya. Oleh karena itu, dengan bekal pengetahuan dasar yang kuat, prinsip kerja teknologi baru dapat dipahami dengan lebih mudah. Sebagai contoh adalah adanya kesamaan prinsip dasar antara teknologi foto-

grametris dengan teknologi terestris. Keduanya menggunakan prinsip transformasi matematis dari satu bidang (permukaan bumi) ke bidang lain (peta) (Sinaga, 1991:4-6). Bahkan lebih jauh Sinaga mengatakan bahwa penentuan posisi titik dengan teknologi satelit GPS, pada prinsipnya juga menggunakan cara pengikatan ke belakang, seperti yang biasa dipakai pada teknik pemetaan terestris (hal.10).

Kekaguman terhadap kehadiran teknologi baru yang ditunjukkan dengan sikap negatif yaitu merasa rendah diri karena perasaan pesimis tidak akan mampu mengikutinya, harus diubah menjadi sikap positif yang selalu ingin mengetahui alat pemetaan baru. Untuk menghadapi tantangan perkembangan teknologi, rasa ingin tahu, kreatif, berpikir logis, sistematis dan analitis harus ditumbuhkan dan ditingkatkan pada mahasiswa (Soeprapto, 1991:9).

Penutup

Perkembangan teknologi pemetaan yang akan datang makin pesat, apalagi dengan dialihkannya teknologi militer untuk keperluan sipil setelah era pasca perang dingin. Makin berperannya teknologi elektronika dan informatika dalam pemetaan telah menggeser cara kerja manual ke digital. Kehadiran teknologi pemetaan baru telah menggeser pran beberapa teknologi lama. Perkembangan tersebut merupakan tantangan yang harus dihadapi oleh para ahli dunia pendidikan teknologi pemetaan.

Di balik kecanggihan yang telah ditunjukkan, teknologi pemetaan baru masih mengandung keterbatasan pula, sehingga tidak seluruh teknologi lama dapat digantikan. Di samping itu, teknologi canggih menuntut kualitas yang lebih tinggi pada pemakainya. Oleh karena itu, teknologi baru harus dipahami dengan benar agar dapat ditempatkan sesuai dengan proporsinya dan agar dapat dimanfaatkan secara optimal.

Pendidikan teknologi pemetaan harus mampu mengantisipasi perkembangan teknologi, misalnya dengan memberikan bekal kemampuan untuk mengembangkan diri kepada peserta didik. Kemampuan tersebut antara lain berupa penguasaan pengetahuan dasar, seperti Matematika, Fisika dan Komputer, serta pemahaman terhadap prinsip dasar teknologi yang ada.

Teknologi yang ada dapat dimanfaatkan sebagai bekal untuk menguasai teknologi baru karena adanya kesamaan prinsip dasar yang digunakan. Langkah tersebut diperlukan agar pendidikan teknologi tidak kehilangan relevansi akibat perkembangan tersebut.

Daftar Pustaka

- Agus Budiman. 1989. "Relevansi Kurikulum STM Otomotif dengan Kebutuhan Kemampuan Tenaga Kerja Industri Otomotif" dalam *Jurnal Kependidikan* No.2/XIX/Agustus 1989. Yogyakarta: IKIP YOGYAKARTA.
- Aryono Prihandito. 1991. *Teknologi Surta di Akhir Abad ke-20*. Makalah Seminar "Profesi Surveyor dalam Era Teknologi Geoinformatika", Kongres ke-7 Ikatan Surveyor Indonesia di Kampus UGM Yogyakarta, 13-14 Desember 1991.
- Blakemore, Michael and Rybaczuk, Krysia. 1987. "Digital Mapping" dalam *World Mapping Today* pages 46-52 oleh Parry, R.B. and Perkins, C.R. (Editor). London: Butterworths.
- Brinker, Russel C., Wolf, Paul R. dan Djoko Walijatun. 1986. *Dasar-dasar Pengukuran Tanah (Surveying) Jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Gastellu-Etchegorry. 1988. *Remote Sensing with SPOT*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Muller, Jean-Claude. 1991. "The Cartographic Agenda of The 1990s: Updates and Prospects" dalam *ITC Journal 1991-2* pages 55-62. Enschede, The Netherlands: The International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences.
- Sinaga, Indra. 1991. *Surveyor Indonesia di Persimpangan Jalan 1991*. Makalah Seminar "Profesi Surveyor dalam Era Teknologi Geoinformatika", Kongres ke-7 Ikatan Surveyor Indonesia di kampus UGM Yogyakarta 13-14 Desember 1991.
- Sjamsir Mira. 1988. *Pengadaan Tenaga survey dan Pemetaan di Indonesia dalam Menghadapi Masa Depan*. Makalah

- Simposium Nasional Geodesi "Survai dan Pemetaan di Indonesia pada Abad ke-21: Harapan dan Tantangan", Dies Natalis ke-36 Ikatan Mahasiswa Geodesi ITB, Bandung 13-15 Oktober 1988.
- Soeban, L.C. 1988. *Perekam Data Elektronik SDR 2 sebagai Pengganti Buku Ukur Lapangan*. Makalah Simposium Nasional Geodesi "Survai dan pemetaan di Indonesia pada Abad ke-21: Harapan dan Tantangan", Dies Natalis ke-36 Ikatan Mahasiswa Geodesi ITB, Bandung 13-15 Oktober 1988.
- Soekotjo Tjokrosoewarno. 1991. *Surveyor Indonesia di dalam Era Globalisasi*. Makalah Seminar "Profesi Surveyor dalam Era Teknologi Geoinformatika", Kongres ke-7 Ikatan Surveyor Indonesia di Kampus UGM Yogyakarta 13-14 Desember 1991.
- Soeprapto. 1991. *Surveyor Indonesia di tahun 2000: Tantangan dan Permasalahannya*. Makalah Seminar "Profesi Surveyor dalam Era Teknologi Geoinformatika", Kongres ke-7 Ikatan Surveyor Indonesia di Kampus UGM Yogyakarta 13-14 Desember 1991.
- Sutanto. 1986. *Penginderaan Jauh Jilid 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Trux, John. 1991. "Desert Storm: A Space-age War" *New Scientist* 27 July 1991 pages 26-30. London.