

Review Perkembangan dan Tren E-Manufacturing Di dalam Keilmuan Teknik Industri

Yunus Nazar^{*1,2)}, Wahyudi Sutopo³⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret
Jalan Ir. Sutami No. 36A, Kentingan, Surakarta, 57126

²⁾Staf Pengajar Akademi Komunitas Industri Tekstil dan Produk Tekstil Surakarta
Jalan Ki Hajar Dewantara, Solo Technopark, Kentingan, Jebres, Surakarta

³⁾Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
Jalan Ir. Sutami No. 36A, Kentingan, Surakarta, 57126

Email : yunus.nazar@hotmail.com, wahyudisutopo@staff.uns.ac.id

Abstrak

E-Manufacturing berperan penting dalam keilmuan teknik industri. *E-manufacturing* merupakan sistem transformasi yang memungkinkan mencapai kinerja *near-zero-downtime* prediktif dengan sinkronisasi internet. *E-manufacturing* merupakan strategi bisnis saat ini. Artikel ini membahas perkembangan *e-manufacturing* mulai dari *production line (mass production) - group technology and CNC, robotics (flexible manufacturing) - CAD/CAM, DNC and robotics (Computer-integrated manufacturing) - QC, kanban and engineering tools (lean manufacturing) - TQM, MRP II and engineering tools (Just in time) - CAX and engineering tools (concurrent manufacturing) - BPR and manufacturing (agile manufacturing)*. Perkembangan selanjutnya adalah masa dimana setiap kemauan atau kebutuhan pemesan/order dapat segera terpenuhi dengan cepat. Jadi perbandingan antara proses yang diinginkan yaitu proses pembuatan produk untuk persediaan (*make to stock*) dengan pembuatan produk berdasarkan pemesanan (*make to order*) terdapat selisih pemenuhan waktu pemesanan yang sangat singkat, kemampuan untuk memenuhi keinginan konsumen terhadap order langsung dapat terpenuhi dengan segera.

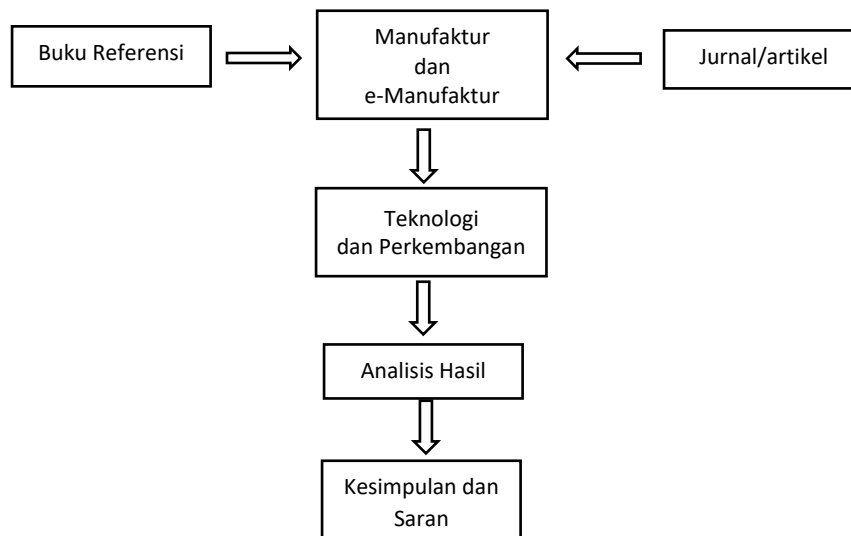
Kata kunci: *e-manufacturing, make to order, make to stock.*

1. Pendahuluan

Dampak teknologi berbasis web telah menambahkan "kecepatan" terhadap desain, manufaktur, dan layanan aftermarket suatu produk. Kompetisi hari ini di industri manufaktur tidak hanya bergantung pada lean manufacturing tetapi juga pada kemampuan untuk menyediakan solusi total dan siklus hidup untuk nilai berkelanjutan bagi pelanggan. Saat ini produsen mengalami tekanan yang dahsyat untuk meningkatkan daya tanggap dan efisiensi dalam hal pengembangan produk, operasi, dan pemanfaatan sumber daya dengan visibilitas produksi dan kontrol kualitas yang transparan. Waktu yang ada harus dipotong pendek sampai tingkat ekstrim untuk memenuhi permintaan pelanggan yang berubah di berbagai wilayah di dunia (handbook, chapter 97). Perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana tentang perkembangan e-manufacturing pada waktu yang akan datang atau trend selanjutnya yang akan menjadi pembahasan e-manufacturing pada keilmuan teknik industri. Tujuan penelitian ini adalah merumuskan perkembangan e-manufacturing dari waktu ke waktu sehingga dapat di implementasikan dalam dunia industri. Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan suatu pemikiran dalam hal perkembangan e-manufacturing dalam keilmuan teknik industri.

2. Metode

Metode pembuatan artikel ini dilakukan dari berbagai buku referensi dan penelusuran penelitian yang telah ada serta membahas perkembangan teknologi manufaktur. Kemudian menghimpun hasil teknologi perkembangan manufaktur dari masa ke masa. Tujuan dari review ini adalah untuk mengetahui perkembangan e-manufacturing dimasa depan pada bidang keilmuan teknik industri. Alur metode penelitian dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini:



Gambar 1. Alur Metode Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

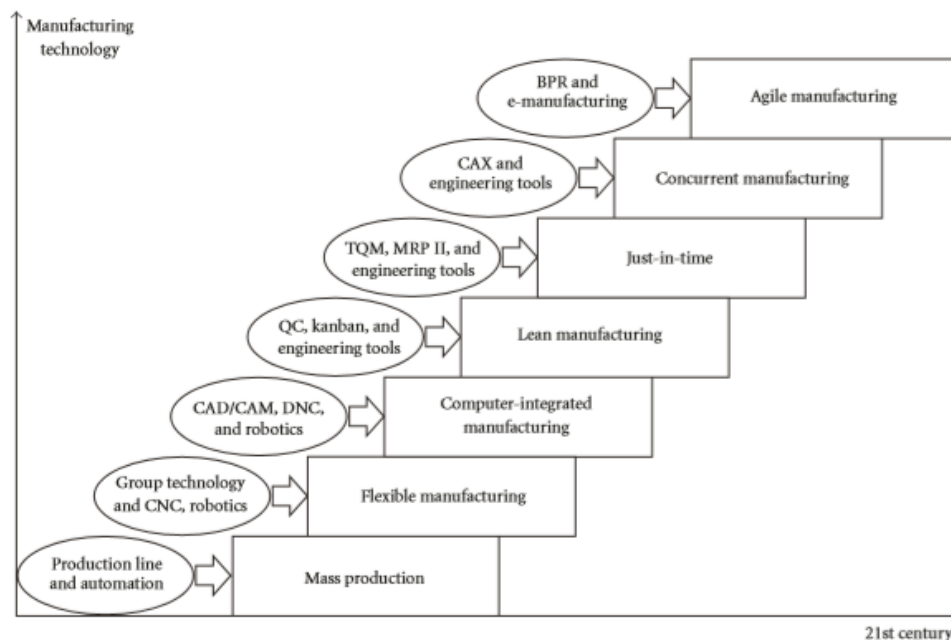
E-Manufacturing adalah sistem transformasi yang memungkinkan sistem e-Business untuk memenuhi tuntutan yang meningkat melalui manajemen rantai pasokan yang erat, SCM, sistem perencanaan sumber daya perusahaan (ERP), dan sistem manajemen hubungan pelanggan serta peraturan lingkungan dan ketenagakerjaan. e-Manufacturing mencakup kemampuan untuk memantau aset dasar pabrik, memprediksi variasi kualitas produk dan kehilangan kinerja peralatan untuk penjadwalan produksi dan operasi pemeliharaan dinamis, dan melakukan sinkronisasi dengan layanan bisnis terkait untuk mencapai integrasi antara manufaktur dan tingkat yang lebih tinggi. Sistem perusahaan Informasi dan pengetahuan yang diperbarui secara dinamis tentang kemampuan, batasan, dan variasi aset manufaktur untuk berbagai pemasok menjamin keputusan terbaik untuk outsourcing pada tahap awal desain. Selain itu, ini memungkinkan pesanan pelanggan secara otonom melintasi rantai pasokan, membawa tingkat kecepatan, fleksibilitas, dan visibilitas yang belum pernah terjadi sebelumnya ke proses produksi mengurangi persediaan, kelebihan kapasitas, dan ketidakpastian (handbook, chapter 97).

Model Perkembangan e-manufacturing

Sistem manufaktur yang berkembang selama ini terus mengalami perbaikan, baik dari sisi teknologi dan sistem produksinya. Diawali dengan *mass production* (produksi massal) yaitu produksi dengan jumlah besar. Kemudian dilanjutkan dengan *flexible manufacturing* (fleksibilitas manufaktur) yaitu sistem produksi fleksibel dimana order barang yang diminta atau dibutuhkan oleh konsumen lebih variatif sehingga perusahaan harus menyesuaikan perubahan dengan cepat di lini produksinya sesuai order. Proses perbaikan pada sistem produksi massal dan fleksibilitas manufaktur

kemudian disempurnakan dengan sistem komputer yang terintegrasi dalam pelaksanaannya. Kemudian *lean manufacturing* yaitu sistem yang menitikberatkan pada optimalisasi bahan baku produksi, inovasi produk dan pelayanan pada pelanggan. Kemudian masa dilakukannya adopsi sistem yang berkembang dari perusahaan Jepang yaitu *just in time* (sistem produksi tepat waktu) yaitu produksi sesuai dengan jumlah pesanan dari konsumen dengan kalkulasi waktu yang tepat, baik dari perencanaan bahan baku datang kemudian langsung diproduksi dan ketepatan waktu selesai sesuai dengan pesanan konsumen. Setelah itu masuk pada masa dimana sistem *concurrent manufacturing* (manufaktur serempak) yaitu proses desain dan manufaktur dilakukan secara bersamaan sehingga proses produksi lebih singkat yang akhirnya dapat menghemat biaya. Saat ini perkembangan terakhirnya masuk pada *agile manufacturing* (manufaktur cerdas dan tangkas) yaitu sistem perbaikan atau penyesuaian lingkungan internal industri untuk menghadapi segala kebutuhan dan keinginan dari eksternal atau konsumen.

Tahapan teknologi manufaktur dapat dilihat pada gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2. Tahapan teknologi manufaktur

Sumber: *Development in manufacturing technology as adapted from Cheng and Bateman*

Perkembangan teknologi e-manufacturing diawali dari *mass production - flexible manufacturing - computer integrated manufacturing - lean manufacturing - just in time - concurrent manufacturing - agile manufacturing*.

Mass production

Pembuatan bagian-bagian diskrit atau rakitan menggunakan proses yang berkesinambungan disebut produksimassal. Sistem produksi dibenarkan oleh volume yang sangat besar produksi. Mesin-mesin tersebut diatur dalam garis atau tata letak produk. Produk dan proses standarisasi ada dan semua output mengikuti jalan yang sama.

Karakteristik

Produksi massal digunakan dalam situasi berikut:

1. Standardisasi urutan produk dan proses.
2. Dedicated mesin tujuan khusus yang memiliki kapasitas produksi yang lebih tinggi dan tingkat output.
3. Besar volume produk.
4. Shorter waktu siklus produksi.
5. Lebih rendah dalam persediaan proses.
6. Seimbang sempurna lini produksi.
7. Aliran material, komponen dan suku cadang yang terus-menerus dan tanpa pelacakan kembali.
8. Perencanaan produksi dan kontrol mudah.
9. Penanganan material dapat sepenuhnya otomatis.

Keuntungan

Berikut adalah keuntungan dari produksi massal:

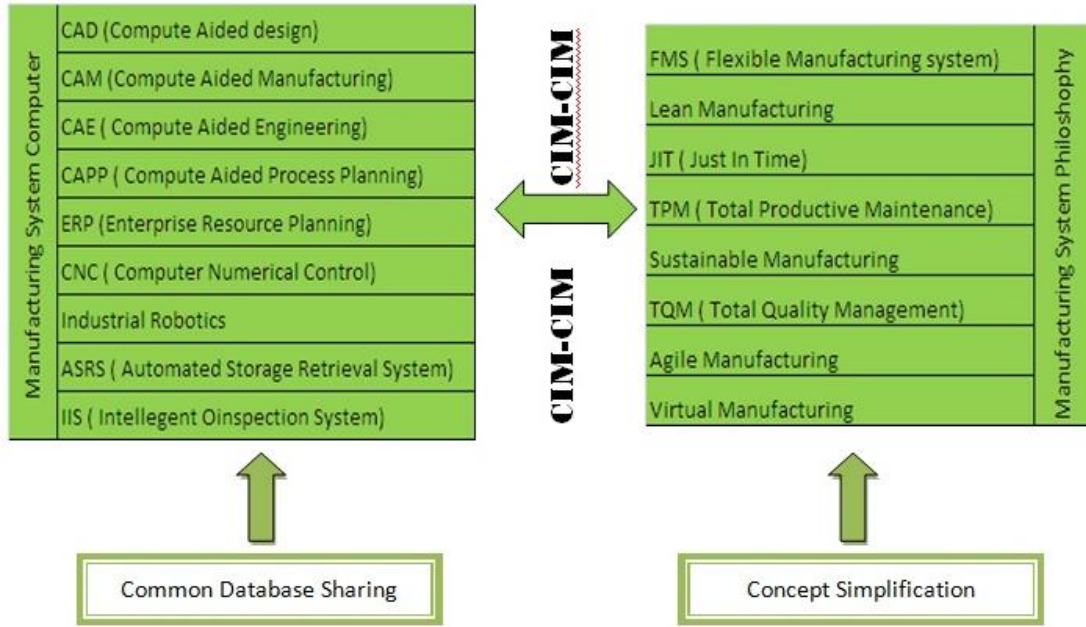
1. Tinggi tingkat produksi dengan mengurangi waktu siklus.
2. Tinggi utilisasi kapasitas karena keseimbangan lintasan.
3. Operator kurang terampil yang diperlukan.
4. Rendah proses inventarisasi.
5. Manufaktur biaya per unit rendah.

Flexible Manufacturing

Fleksibilitas manufaktur adalah kemampuan perusahaan dalam menghadapi perubahan-perubahan kondisi yang terjadi di internal atau eksternal lingkungan perusahaan. Terdapat empat area lingkungan perusahaan yang mempengaruhi fleksibilitas manufaktur yaitu: strategi, faktor lingkungan, teknologi dan atribut organisasi. Pada prosesnya, sistem fleksibilitas manufaktur dikontrol oleh komputer yang terdiri dari mesin produksi, metal working, pabrikan dan assembly. Komponen pentingnya terdiri dari mesin numerical control, sistem material handling, station fixturing berupa automated guided vehicle (AGV) dan perangkat lainnya.

Computer integrated manufacturing

Dimulai pada 1970'an, ada sebuah pendapat atau paradigma baru bahwa harus ada sebuah pencapaian untuk kebutuhan mengintegrasikan seluruh komponen sistem manufaktur. Computer integrated manufacturing (CIM) adalah sebuah konsep untuk mengintegrasikan fungsi bisnis dengan fungsi otomasi dalam sebuah sistem manufaktur. Fungsi otomasi yaitu dikomunikasikannya data menggunakan jaringan komputer. Konsep arsitektur dasar dari CIM dapat disarikan dari CIMOSA (*Compute Integrated Manufacturing Open System Architecture*) yang ditujukan untuk menunjukkan ruang lingkup integrasi dan kebutuhan manajemen perubahan untuk implementasi konsep CIM pada gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Konsep CIM

Pada gambar diatas, penggunaan AGV (automated guided vehicle) bisa diterapkan atau dengan komponen lain yang bersifat otomatis. Meskipun komponen yang dimiliki belum otomatis, tetapi tujuan umum dan operasional penggunaan paling tidak disetarakan dengan komponen yang sejenis/setara.

Lean Manufacturing

Lean Manufacturing adalah optimalisasi penggunaan bahan baku didalam proses produksi, inovasi pada produk, serta pelayanan yang memuaskan kepada pelanggan dalam industri manufaktur (pabrik). Industri tentunya mempunyai tujuan jangka panjang dalam hal keuntungan dan eksistensi agar keberlangsungan perusahaan dapat terus berjalan. Beberapa hal yang dapat dilakukan oleh perusahaan untuk menunjang hal tersebut adalah dengan memperhatikan kualitas, biaya, pengiriman dan pelayanan.

Just In Time

Sistem produksi tepat waktu adalah sistem produksi fabrikasi modern yang berasal dari Jepang dengan prinsip memproduksi jenis barang dengan jumlah dan yang dibutuhkan oleh konsumen. Konsep just in time adalah suatu konsep di mana bahan baku yang digunakan untuk aktifitas produksi didatangkan dari pemasok atau suplier tepat pada waktu bahan itu dibutuhkan oleh proses produksi, sehingga akan sangat menghemat bahkan meniadakan biaya persediaan barang / penyimpanan barang / stocking cost.

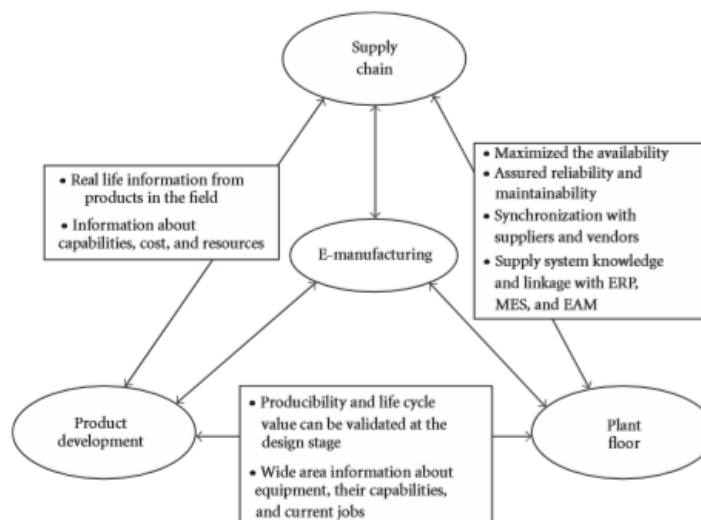
Concurrent manufacturing

Manufaktur serentak secara simultan menyelesaikan tahap desain dan produksi manufaktur. Dengan menyelesaikan tahap desain dan manufaktur pada saat bersamaan, produk diproduksi dalam waktu yang lebih singkat sambil menurunkan biaya. Meskipun disain dan pembuatan bersamaan memerlukan komunikasi dan koordinasi yang luas antar disiplin ilmu, manfaatnya dapat

meningkatkan keuntungan bisnis dan mengarah pada lingkungan yang berkelanjutan untuk pengembangan produk. Desain dan manufaktur yang serentak dapat menghasilkan keunggulan kompetitif dibandingkan bisnis lain karena produk tersebut mungkin diproduksi dan dipasarkan dalam waktu yang lebih singkat.

Agile Manufacturing

Sistem manufaktur cerdas dan tangkas yaitu proses manufaktur dengan penyesuaian internal dalam hal teknologi, sumber daya manusia, manajemen dan informasi untuk menghadapi kecepatan perubahan kebutuhan konsumen sehingga dapat diatasi dengan cepat. Posisi e-manufacturing berjarangan terhadap dengan posisi supply chain, product development dan plant floor seperti pada gambar 4 dibawah ini:



Gambar 4. Posisi e-manufacturing

4. Simpulan

Berdasarkan literatur review e-manufacturing, maka menurut penulis bahwa untuk perkembangan selanjutnya yaitu adalah masa dimana setiap kemauan atau kebutuhan pemesan/order dapat segera terpenuhi. Jadi antara proses yang diinginkan yaitu proses pembuatan produk untuk persediaan (make to stock) dengan pembuatan produk berdasarkan pemesanan (make to order) terdapat selisih pemenuhan waktu pemesanan yang sangat singkat, kemampuan untuk memenuhi keinginan konsumen terhadap order langsung dapat terpenuhi dengan segera. Meskipun pada kenyataannya tidak mungkin kecepatan pemenuhan pemesanan di dalam *make to stock* akan disaingi oleh kecepatan pemenuhan pemesanan pada *make to order*.

Daftar Pustaka

- AMR Research . (2000). An e-manufacturing strategy needs to be developed from the manufacturing strategy. AMR Research, Inc.
- Beaumont, N., R. Schroder, and A. Sohal. (2002). Do foreign-owned firms manage advanced manufacturing technology better. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 22, No. 7, pp. 759–771.

- Cheng, K and R. J. Bateman. (2008). E-manufacturing: characteristics, applications and potentials. *Progress in Natural Science*. Vol. 18, pp. 1323–1328.
- Greeff, G., R. Ghoshal, and S. Mackay. (2004). Practical E-Manufacturing and Supply Chain Management, chapter 1. Elsevier.
- Jin, L., I. A. Oraifige, P. M. Lister et al. (2001). E-manufacturing in networked virtual environments. *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 3, pp. 1845–1849.
- Koc, M, J. Ni, and J. Lee. (2002). Introduction of e-manufacturing. *Proceeding of the International Conference on Frontiers on Design and Manufacturing*, pp. 43–47.
- Koc, M. and J. Lee. E-manufacturing-fundamentals, requirements and expected impacts. *International Journal of Advanced Manufacturing Systems*, Vol. 6, No. 1, pp. 29–46, 2003.
- Koc, M., J. Ni, J. Lee et al. (2005). Introduction of e-manufacturing. *Proceedings of the International Conference on Frontiers on Design and Manufacturing*, pp. 1–10.
- Lee, J., A. Ali, and M. Koc. (2001). E-manufacturing-its elements and impact. *Proceedings of the Annual Institute of Industrial Engineering Conference*, Vol. 23.
- Lee, J. (2003). E-manufacturing—fundamental, tools, and transformation. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 19, no. 6, pp. 501–507.
- Lin, G and S.Nagalingam,CIM Justification and Optimisation, Taylor and Francis, London,UK, 1st edition, 2000.
- Morel, G., P. Valckenaers ,J.M.Faureetal. (2005) Manufacturing plant control : challenges and open issues. Proceedings of the 16th IFAC Triennial World Congress.
- NACFAM. (2001). Exploiting E-Manufacturing: Interoperability of Software Systems Used By U.S. Manufacturers, National Coalition for Advanced Manufacturing, Washington, DC, USA.
- Pereira, C. E. and L. Carro. (2007). Distributed real-time embedded systems: recent advances, future trends and their impact on manufacturing plant control. *Annual Reviews in Control*, Vol. 31, No.1, pp. 81–92.
- Rockwell Automation. E-manufacturing Industry RoadMap. <http://www.rockwellautomation.com/>.
- Shivanand, H. K., N. V. Nanjundaradhya, and P. Kammar. (2008). E-manufacturing a technology review. *Proceedings of the World Congress on Engineering*, vol. 2.
- Wu, B. (1994). Manufacturing Systems Design and Analysis 2nd edition. Chapman & Hall. London,UK.
- Winner, L. (1977). *Autonomous Technology*. MIT Press. Cambridge. Mass.USA.
- Zammuto, R. and E. O'Connor. (1992). Gaining advanced manufacturing technologies' benefits: the roles of organization design and culture. *Academy of Management Review*, Vol. 17, pp. 701–728,.