

BILL OF MATERIAL (BOM) PADA SISTEM INVENTORI KAWASAN BERIKAT UNTUK PELACAKAN MATERIAL MOVEMENT

Betha Nurina Sari¹, Oman Komarudin², Tesa Nur Padilah³, Muhamad Nurhusaeni⁴

¹betha.nurina@staff.unsika.ac.id, ²oman@unsika.ac.id, ³tesa.nurpadilah@staff.unsika.ac.id,

⁴moh.nurhusaeni@gmail.com

^{1,2,3,4}Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Singaperbangsa Karawang

Abstrak

Suatu perusahaan *manufacturing* mengolah bahan mentah (*raw material*) menjadi barang setengah jadi (*work in process*) dan barang jadi (*finish good*). Salah satu perusahaan manufaktur *injection molding* di Karawang memproduksi bahan plastik untuk dicetak menjadi berbagai macam bentuk perlengkapan keamanan kendaraan. Tiga proses utama yang terjadi dari bahan mentah sampai barang jadi adalah penyimpanan *raw material* di warehouse, proses perubahan *raw material* menjadi *finish goods* di area produksi, dan penyimpanan *finish goods* untuk dikirim ke *customer*. *Bill of Material* (BOM) dirancang untuk memuat semua perubahan bentuk sehingga mempermudah dalam penghitungan kebutuhan *raw material* dan pelacakan pergerakan material (*material movement*). Sistem informasi ini dirancang menggunakan metode *Extreme Programming* (XP). Hasil penelitian ini membantu pengelolaan barang produksi di Perusahaan *Manufacture Injection Molding* dari mulai *raw material*, *work in process*, sampai menjadi *finish good* yang diperlukan perusahaan untuk pelacakan data barang serta untuk memenuhi kepentingan pelaporan secara *real time* yang diminta oleh Bea Cukai.

Kata kunci: *bill of material, raw material, finish good, material movement*

Abstract

A manufacturing company processes raw material into semi-finished goods (*work in process*) and finished goods. One injection molding manufacturing company in Karawang manufactures plastic materials for printing into various forms of vehicle safety equipment. The three main processes that occur from raw materials to finished goods are the storage of raw material in the warehouse, the process of changing raw material into finish goods in the production area, and storage of finish goods to be sent to the customer. Bill of Material (BOM) is designed to contain all changes in shape so that it is easier to calculate raw material requirements and tracking material movements. This information system is designed using the Extreme Programming (XP) method. The results of this study help the management of manufactured goods in Injection Molding Manufacturing Company from starting raw material, work in process, to being a good finish needed by the company to track goods data and to fulfill the real time reporting interests requested by Bea Cukai.

Keywords: *bill of material, raw material, finish good, material movement*

1. Pendahuluan

Perusahaan manufaktur melakukan aktivitas produksi dengan mengolah bahan mentah (*raw material*) menjadi barang jadi (*finish good*) melalui proses utama *injection molding*. Bahan mentah yang diolah pada perusahaan manufaktur sangat berbeda dengan barang jadi yang dihasilkan. Bentuk bahan mentah biasanya berupa bahan cair (*liquid*), bijih plastik, pewarna, dan bahan penolong (katalis). Satuan bahan mentah dapat berupa ukuran volume (liter) ataupun berat (gram). Setiap komponen barang jadi dibentuk melalui proses produksi yang mengolah semua bentuk bahan mentah dengan masing-masing ukuran sehingga dihasilkan barang jadi berupa produk dengan satuan *pieces* yang akan dikemas dalam bentuk *box* karton. Salah satu perusahaan manufaktur plastik dengan teknik *injection molding* di Karawang memproduksi bahan plastik yang dilebur kemudian dicetak menjadi berbagai macam bentuk sebagai kemasan, komponen elektronik, otomotif, medikal dan lain-lain. Bahan mentah berupa biji plastik, cairan, pewarna dan komponen lainnya dengan berbagai macam bentuk dan ukuran. Tiga proses utama yang terjadi dari bahan mentah sampai barang jadi adalah penyimpanan *raw material* di warehouse, proses perubahan *raw material* menjadi *finish goods* di area produksi, dan penyimpanan barang jadi (*finish good*).

Sebagai perusahaan Kawasan Berikat, perusahaan *Manufacture Injection Molding* memiliki fasilitas kemudahan dalam melakukan impor. Sesuai Peraturan Dirjen Bea dan Cukai Nomor PER-35/BC/2013 tanggal 24 Desember 2013, pasal 26 ayat (2) bahwa "Pengusaha Kawasan Berikat atau PDKB wajib memiliki sistem informasi persediaan berbasis komputer untuk pengelolaan barang yang



dapat diakses untuk kepentingan pemeriksaan oleh Direktorat Jenderal Bea dan Cukai” serta ayat (3) yang menyatakan bahwa laporan yang harus dihasilkan adalah data pemasukan dan pengeluaran barang serta barang dalam proses/barang setengah jadi (*work-in-process*). Pada pasal yang sama juga mewajibkan laporan yang dihasilkan oleh sistem informasi harus bersifat *real time*.

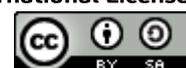
Kontus [1] menjelaskan mengenai tujuan adanya manajemen inventori di industri adalah mengembangkan kebijakan atau prosedur agar dapat mencapai investasi persediaan optimal. Atnafu [2] juga menyebutkan bahwa untuk dapat menentukan dan mempertahankan tingkat investasi dalam persediaan barang maka dibutuhkan suatu sistem kontrol inventori yang baik. Ramamoorthy [3] menegaskan bahwa keputusan pada manajemen inventori harus menemukan kompromi antara komponen biaya, yaitu antara biaya persediaan dengan biaya hasil inventori.

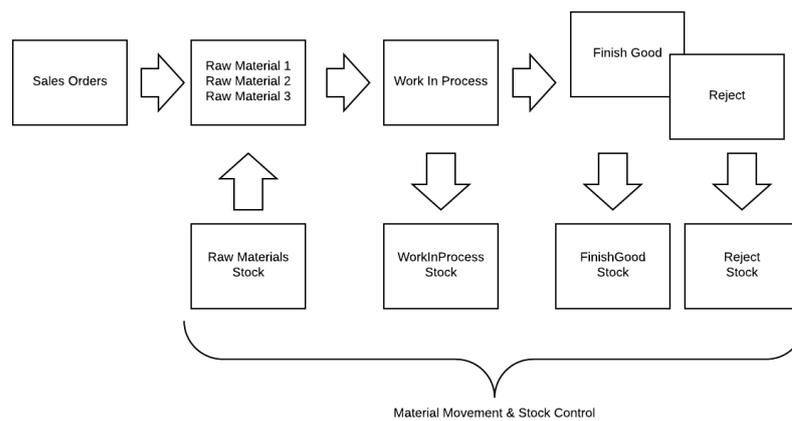
Owoeye [4] mengembangkan sebuah *computerised inventory management for a manufacturing industry* di Nigeria berbasis visual basic 6.0, yaitu “manInvent” *software*. Studi kasus dilakukan di beberapa industri manufaktur plastik menunjukkan bahwa manajemen inventori yang efektif dan efisien sangat penting bagi industri manufaktur. Lawrence (2013) juga menyebutkan bahwa manajemen inventori merupakan fungsi vital dalam menjamin keberhasilan perusahaan manufaktur dan distribusi. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa ada tiga kualitas kunci yang penting dalam keputusan pada manajemen persediaan untuk industri manufaktur dari perspektif pihak supplier adalah kepuasan pelanggan, ketepatan waktu pengiriman dan pemenuhan pesanan. Olusakin [5] menjelaskan salah satu isu penting dalam manajemen material di industri manufaktur adalah masalah mempertahankan sistem yang baik dan prosedur yang membutuhkan disiplin yang ketat dalam dokumentasi. Manajemen material juga memberikan implikasi pada performa proyek meliputi aspek waktu, biaya, kualitas dan produktivitas.

Saiful Islam, dkk [6] mengembangkan software MRP dengan bahasa C yang dapat digunakan oleh industri lokal untuk manajemen inventori di Bangladesh. Ade lasya dan Yuanita Handayani [7] menyebutkan bahwa kebutuhan yang harus dipenuhi untuk membuat perhitungan MRP adalah ketersediaan struktur produk, jadwal induk produksi, Bills of material, pembelian dan produksi lead time, struktur bertahap waktu, kebutuhan bahan bruto, banyak ukuran dan bersih kebutuhan material.

Bill Of Material (BOM) digunakan untuk *Material Requirement Planning* (MRP) [8]. BOM adalah daftar komponen yang lengkap, formal, dan terstruktur yang mencantumkan keanggotaan hierarkis dan hubungan kuantitas dari bahan baku ke bagian, komponen hingga produk akhir [9]. Kedar [10] menyebutkan bahwa salah satu masalah yang sering dialami perusahaan manufaktur adalah ketidaksesuaian BOM. Ketidakcocokan BOM menyebabkan masalah seperti terlambatnya pengadaan material untuk produksi, ketidaksesuaian inventaris, pengikisan material berlebih, yang biasanya dihadapi oleh perusahaan produk, khususnya perusahaan yang menerapkan perakitan produk yang disesuaikan. Menurut Sikorra [11], memperkirakan BOM saat merencanakan produksi one-of-kind sejenis memberikan dua keuntungan, yaitu transparansi yang lebih tinggi dalam proses perencanaan, karena ketidakpastian produk dan ketidakpastian proses dipisahkan dan estimasi BOM yang bagus dapat meningkatkan kepastian perencanaan. Wei, dkk [12] menerapkan metode *BOM Transformation* untuk mendukung *Design-Manufacturing Integration* (DMI) yang secara efektif memastikan integritas data, kebenaran dan konsistensi dalam sistem. Clement Chatras, Vincent Giard, Musthapa Sali [13] pada tahun 2015 menganalisis BOM dalam sistem informasi dalam konteks kustomisasi massal di sektor otomotif, studi kasus pada pembuatan mobil.

Bill of Material (BOM) di Perusahaan *Manufactur Injection Molding* ini harus dirancang agar memuat semua perubahan bentuk dan ukuran material. Sales memasukkan order berupa daftar produk *finish good* yang dipesan *customer* beserta quantitynya, namun warehouse harus melakukan konversi *Bill of Material* dari sejumlah *finish good* yang dipesan menjadi sejumlah *raw material* yang harus dikirim ke area produksi. Selama proses produksi, *raw material* telah berubah bentuk menjadi *work in process* sebelum dilakukan pemeriksaan *quality control* menjadi *finish good* yang akan dikirimkan ke *customer* sesuai pesanan. Tiga area utama sesuai pergerakan barang harus dapat menyajikan data stok sesuai keadaan lapangan. Ketiga area tersebut adalah *warehouse* menyajikan data *raw material*, produksi menyajikan data *work in process* dan *quality control* menyajikan data *finish good*. Singkatnya alur kerja dapat dilihat pada Gambar 1, apabila terdapat pesanan dan membutuhkan beberapa raw material, lalu proses produksi dan hasil akhir berupa barang yang kualitasnya baik atau terdapat cacat/barang yang gagal.





Gambar 1. Workflow

Tujuan penelitian adalah merancang dan membangun sebuah sistem informasi yang dapat digunakan untuk pelacakan data perpindahan barang, perubahan barang, jumlah stok barang mentah, barang setengah jadi, maupun barang jadi.

2. Metode *Extreme Programming (XP)*

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Extreme Programming (XP)* dimana sangat melibatkan komunikasi komunikasi yang efektif antara pengembang perangkat lunak dan pihak-pihak yang terlibat. Dalam *XP*, desain dijadikan kebutuhan *intermediate*. Desain dibuat sesederhana mungkin agar mudah mengimplementasikan *code*. Perubahan struktur desain atau perubahan *source code* tanpa mengubah fungsi utamanya (*refactoring*) dapat dilakukan saat implementasi. *feedback* akan diberikan saat peningkatan dan pengimplementasian perangkat lunak.

Tahapan penelitian mengikuti metode *extreme programming (XP)* sebagai berikut:

1. *Planning*

Tahap ini dimulai dengan membuat *user stories* yang menggambarkan output, fitur, dan fungsi-fungsi dari sistem inventory kawasan berikat yang akan dibuat. *User stories* tersebut kemudian diberikan bobot seperti prioritas dan dikelompokkan untuk selanjutnya dilakukan proses *delivery* secara incremental. Pengelompokkan ini akan melibatkan kartu kontrol yang disebut sebagai *Class-Responsibility- Collaborator Card*.

2. *Design*

Design pada *XP* mengikuti prinsip *Keep It Simple (KIS)*. Pada tahap ini akan dibuat *spike solution* yang menggambarkan design sesuai kebutuhan utama pengguna. *XP* juga mendukung adanya *refactoring* dimana sistem yang telah dibuat dapat diubah sedemikian rupa dengan cara mengubah struktur kode dan menyederhanakannya namun tidak merubah hasil.

3. *Coding*

Proses ini dimulai dengan membuat *unit test* yang kemudian menjadi bahan dalam implementasi program. Dalam *XP* diperkenalkan istilah *pair programming* dimana proses penulisan program dapat dilakukan secara berpasangan sehingga akan didapat *real-time problem solving* dan *real-time quality assurance*.

4. *Testing*

Pengujian kode dilakukan pada unit test. *Acceptance test* atau biasa disebut *customer test* dilakukan oleh customer yang berfokus kepada fitur dan fungsi sistem secara keseluruhan. *Acceptance test* ini berasal dari *user stories* yang telah diimplementasikan.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan tahapan penelitian mengikuti metode *extreme programming (XP)*, hasil penelitian dibagi menjadi 4 bagian berikut.

1. *Planning*

Untuk mendapat informasi kebutuhan sistem, dilakukan *Focus Group Discussion* yang melibatkan peneliti, pihak perusahaan, dan LPPM Unsika. Hasilnya berupa *user stories* yang disusun menjadi CRC Card. CRC Card yang disusun dapat dilihat pada Gambar 2.

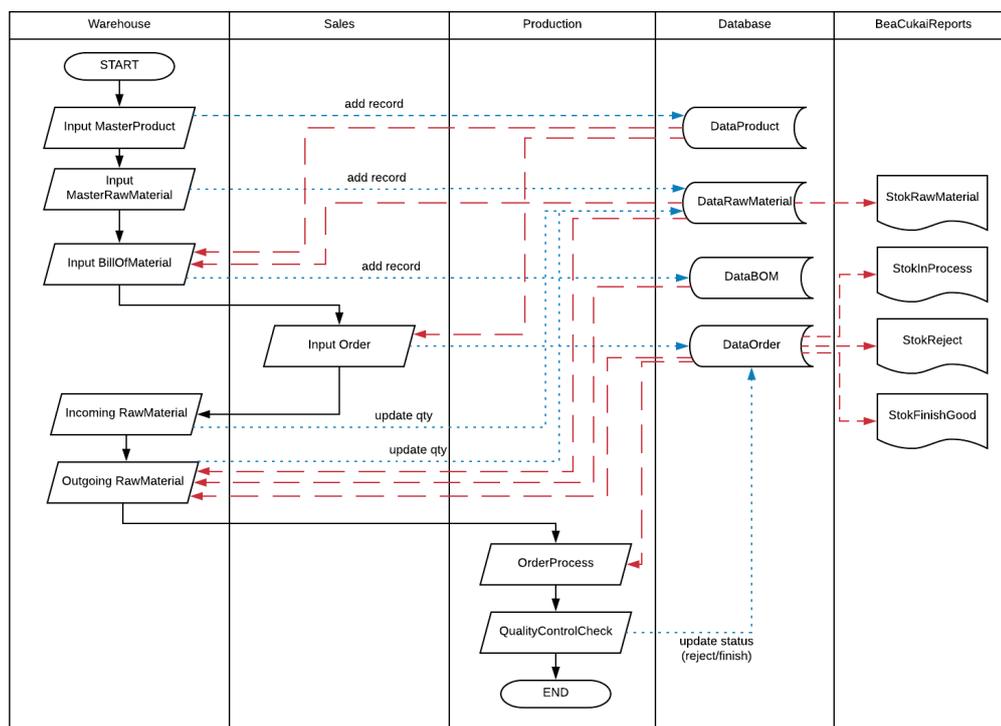


Gambar 2. CRC Card

Pada Gambar 2 dapat dilihat ada tiga bagian utama, yaitu *Product*, *Raw Material*, dan *Order* dimana masing-masing telah ditentukan apa saja *responsibility* atau tugas dan fungsi yang dibutuhkan dan siapa *collaborator* atau yang siapa pihak yang terlibat dalam melakukan tugas dan fungsi tersebut. Bagian *Production* dan *Warehouse* harus bisa berkolaborasi untuk melaksanakan tugas menambah data produk baru, membuat *Bill of Material*, bisa melakukan perubahan apabila terjadi, menambah data stock dan menampilkan data stok. Bagian *Warehouse* bertanggung jawab pada data *raw material*, mulai dari menambah data material yang baru, mengontrol jumlah stok *raw material* dan bisa menampilkan stok *raw material* yang *real time*. Sedangkan untuk pengelolaan data *Order* yang melibatkan bagian Sales, Warehouse, dan Production bertugas untuk menambah data order atau pesanan baru dan bisa mengontrolnya, melakukan pelayanan order dan bisa segera melakukan *order* apabila terdapat hasil produksi yang termasuk *reject product*.

2. Design

Berdasarkan CRC Card yang telah dibuat, *spike solution* dibuat dalam bentuk dan prototipe program yang dapat diuji coba oleh user secara langsung. *Prototype* yang melibatkan semua entitas dalam sistem digambarkan dalam bentuk *workflow*. *Workflow* menunjukkan alur kerja dari sistem informasi *Bill of Material* yang dibangun, meliputi bagian warehouse, sales, produksi, database dan laporan bea cukai. Semua proses dimulai dari memasukkan data produk dan data raw material dari warehouse, setelah itu bisa memasukkan *Bill of Material* yang berisi data produk dan bahan-bahan raw material yang dibutuhkan. Pihak sales memasukkan data pemesanan/order berupa produk dan jumlahnya, selanjutnya mengambil bahan dari warehouse yang akan diproses di bagian produksi. Bagian produksi menerima informasi pemesanan/order dan mengerjakannya sesuai pesanan, lalu mengecek kualitas produknya apakah barang jadi dengan baik (*oke product*) atau ada yang cacat/ditolak (*reject product*). *Workflow* dari *prototype* yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Workflow dari prototype

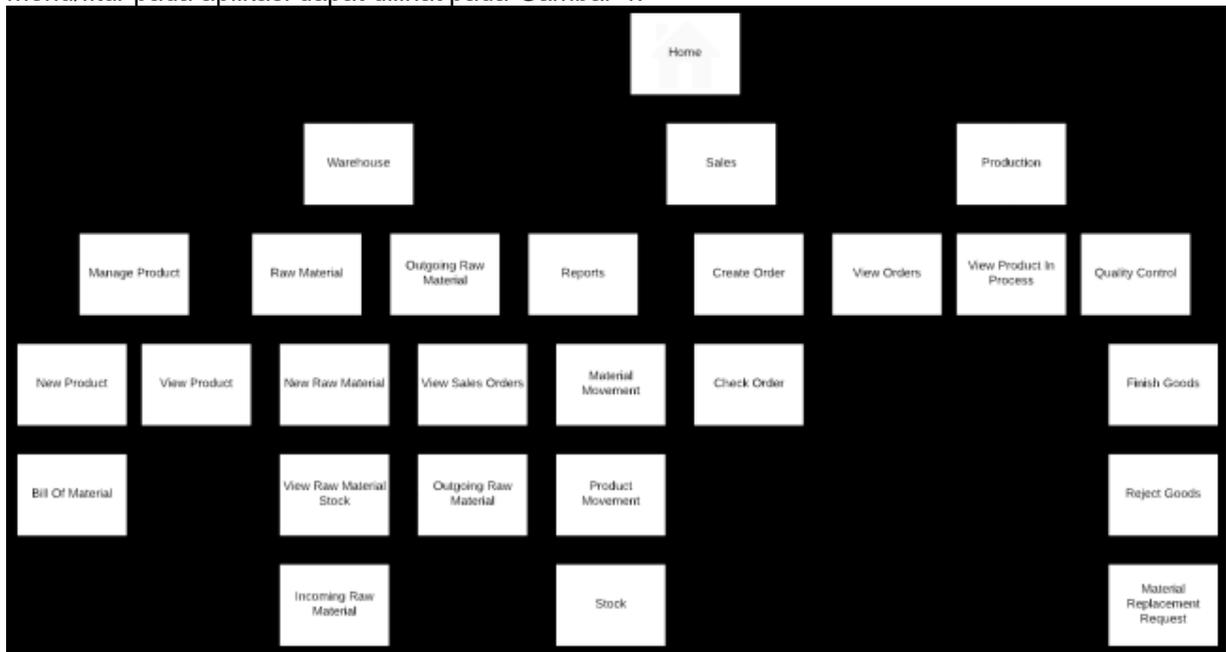
Pada Gambar 3 dapat dilihat ada beberapa garis yang berwarna biru dan merah yang menghubungkan fungsi *input* data dengan *database*. Garis berwarna biru menunjukkan adanya proses penyimpanan data ke dalam *database*, sedangkan garis berwarna merah menunjukkan proses pemanggilan data yang berasal dari *database*. Dari gambar *workflow* ini jelas dapat diidentifikasi proses mana saja yang membutuhkan data dari *database* yang mana. *Workflow* dari *prototype* ini selain dapat menunjukkan tugas bagian *warehouse*, *sales*, dan *production*, juga memperlihatkan adanya luaran berupa laporan untuk pihak bea cukai terkait data *raw material* dan data *order* yang dapat menunjukkan proses pengelolaan data stok, jumlah hasil produksi yang termasuk *reject product* dan *finish good*.

3. Coding

Sistem informasi *Bill of Material* dibangun menggunakan bahasa pemrograman PHP dengan framework *Code Igniter*, serta menggunakan MySQL Server sebagai *database management system*. Fungsi utama dalam sistem informasi ini antara lain:

- a. *AddMaterial()* adalah fungsi untuk menambahkan data raw material
- b. *AddProduct()* adalah fungsi untuk menambahkan data produk yang baru
- c. *AddBOM()* adalah fungsi untuk menambahkan data BOM (*Bill of Material*) yang berupa list bahan raw material untuk membuat suatu produk
- d. *AddOrder()* adalah fungsi untuk menambahkan data pemesanan yang akan diproses
- e. *UpdateStokMaterial()* adalah fungsi untuk mengupdate jumlah stok *raw material*
- f. *UpdateStatusProduction()* adalah fungsi untuk mengupdate status produksi suatu produk, fungsi ini yang menjadi kunci utama bisa dilakukan pelacakan pergerakan material selama proses produksi.
- g. *UpdateStatusOrder()* adalah fungsi untuk mengupdate status pemesanan produk

Selain tujuh fungsi tersebut, sistem informasi *Bill of material* terdiri dari beberapa menu/fitur yang berguna untuk pengelolaan data *raw material* sampai pada *finish good*. Adapun struktur menu/fitur pada aplikasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur menu/fitur

Berikut ini adalah bagian dari sistem informasi *Bill of Material*, yang dimulai dari bagian Warehouse untuk mengelola produk, dimana kalau ada data produk baru harus didefinisikan. Form pada Gambar 5 berfungsi menyimpan *product name*, *product detail*, *product price* dan *list material* serta *quantity* material tersebut.

The screenshot shows a web form titled "Form Input Product". It contains several input fields: "Product Name" with the value "Coffee Tinta", "Choose Material of Product" with a dropdown menu showing "Tinta", "Product Detail" (empty), "Material of Product" with a table showing "Coffee" with quantity "2" and "Tinta" with quantity "4", and "Price" with the value "12000". At the bottom, there are three buttons: "Close", "Submit", and "Reset".

Gambar 5. Form Input Product di Warehouse

This is a close-up of the "Form Bill of Material" section. It features a "Choose Material of Product" dropdown menu set to "Tinta". Below it is a table titled "Material of Product" with two rows: "Coffee" with a quantity of "2" and "Tinta" with a quantity of "4". At the bottom of this section are "Submit" and "Reset" buttons.

Gambar 6. Form Bill of Material

Dalam Form *input new product* terdapat form *Bill of Material*, dimana berisi material komponen pembentuk *Product*. Pengisian data komponen ini yang sangat dibutuhkan untuk mengetahui kebutuhan raw material apa saja dan berapa saja dari setiap produk yang akan masuk proses produksi. Form *Bill of Material* dapat dilihat pada Gambar 6.

Form *View Product* merupakan form untuk menampilkan daftar produk yang telah disimpan, dapat dilihat pada Gambar 7.

The screenshot shows a "List of Product" interface. At the top right is a "+New Product" button. Below is a table with columns: "No.", "Product Name", "Price", and "#". The first row shows "1", "Ballpoint", "Rp 1,000", and a small icon. Below the "Product Name" cell is a sub-table with columns "Material" and "Quantity":

Material	Quantity
Body Pen	1 pcs
Head Pen	2 pcs
Tinta	10 pcs

Gambar 7. Form View Product

Form *Material Movement* berfungsi untuk menampilkan lokasi material beserta *quantity material* di lokasi tersebut, dari form ini dapat dilihat pergerakan material berada pada fase produksi yang mana. Hal ini dibutuhkan untuk pelacakan *raw material*, proses produksi, sampai akhir proses menunjukkan berapa barang yang jadi dengan kualitas baik atau berapa yang cacat. Selain itu, pelacakan ini juga bisa dilakukan secara *real-time*, sehingga segera dapat diketahui posisi dari proses produksi dari suatu pesanan yang sudah dimasukkan ke dalam sistem.

REPORT MATERIAL						
#	In Warehouse	In Pending Production	In Process Producing	In Oke Product	In Reject Product	Total
Body Pen	948 pcs	0 pcs	0 pcs	119 pcs	33 pcs	1000 pcs
Head Pen	696 pcs	0 pcs	0 pcs	238 pcs	66 pcs	1000 pcs
Tinta	680 pcs	0 pcs	0 pcs	1190 pcs	130 pcs	2000 pcs

Gambar 8. Form *Material Movement*

Form *Material Movement* ini menunjukkan bahwa pengelolaan barang produksi di PT *Manufactur Injection Molding* dapat dibantu, yaitu dimulai dari pelacakan pada fase *raw material*, *work in process*, sampai menjadi *finish good*. Hal ini yang diperlukan perusahaan untuk pelacakan data barang serta untuk memenuhi kepentingan pelaporan secara *real time* yang diminta oleh Bea Cukai.

4. Testing

Unit testing dibuat menggunakan PHPUnit Framework yang menguji apakah semua fungsi pada sistem berjalan sesuai kebutuhan. Pengujian kode dilakukan dengan metode *unit test*, dilakukan sampai menunjukkan hasil yang sesuai. Pengujian kode dilakukan pada tujuh fungsi utama yang sebelumnya telah dikerjakan pada tahap *Coding*. Pada Gambar 9 menunjukkan hasil pengujian *unit test* pada 7 test dan 7 assertions yang berhasil dan menunjukkan kesesuaian dengan permintaan fungsinya, sehingga sistem Informasi Bill of Material sudah siap untuk digunakan.

```
C:\xampp\php>php ../htdocs/tes.php
Time 1 seconds, Memory : 4.4 MB
OK (<7 test , 7 assertions)
```

Gambar 9. Hasil Unit Test

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini membantu pengelolaan barang produksi di PT *Manufactur Injection Molding* dari mulai *raw material*, *work in process*, sampai menjadi *finish good* yang diperlukan perusahaan untuk pelacakan data barang serta untuk memenuhi kepentingan pelaporan secara *real time* yang diminta oleh Bea Cukai.

Saran dari penelitian ini adalah pengembangan pada sistem informasi Bill of Material ini untuk fitur laporan kepada pihak Bea Cukai.

5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Ristek dan Pendidikan Tinggi (Kemendikristekdikti) melalui Hibah Dosen Pemula dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Singaperbangsa Karawang yang telah mendukung penuh dan memberikan dana pendukung untuk menyelesaikan penelitian ini. Hal ini berdasarkan Surat Keputusan Nomor 092/SP2H/LT/DRPM/2018 dan Perjanjian/Kontrak Nomor 115/SP2H/UN64.10/LT/2018.

Daftar Pustaka

- [1] E. Kontuš, "Management of Inventory in A Company," *Int. J. Sales, Retail. Mark.*, vol. 1, no. 3, pp. 245–256, 2014.
- [2] D. Atnafu, A. Balda, and S. Liu, "The impact of inventory management practice on firms' competitiveness and organizational performance : Empirical evidence from micro and small enterprises in Ethiopia," *Cogent Bus. Manag.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–16, 2018.
- [3] A. Mathematics and R. Ramamoorthy, "Inventory management in automobile industry 1," vol. 118, no. 18, pp. 635–643, 2018.
- [4] E. Owoeye, S. B. Adejuyigbe, B. O. Bolaji, and A. Adekoya, "Computerised Inventory Management for a Manufacturing Industry : A case African Journal of Science , Technology , Innovation and Computerised inventory management for a manufacturing industry : A case study in Nigeria," no. January 2015, 2014.
- [5] O. S. Akindipe, "The role of raw material management in," vol. 5, no. 3, pp. 37–44, 2014.
- [6] S. Islam, M. Rahman, and R. K. Saha, "Development of Material Requirements Planning (MRP) Software with C Language," vol. 13, no. 3, 2013.



- [7] A. Iasya and Y. Handayati, "Material requirement planning analysis in micro , small and medium enterprise case study : grooveline - an apparel outsourcing company," vol. 4, no. 3, pp. 317–329, 2015.
- [8] M. Kashkoush and H. Elmaraghy, "Matching bills of materials using tree reconciliation," *Procedia CIRP*, vol. 7, pp. 169–174, 2013.
- [9] H. Zhang, "Development of cost management and aided decision system for casting enterprises based on ERP," vol. 3010, pp. 1–5, 2018.
- [10] S. Kedar, S. Mujumdar, C. Patil, and P. Niturkar, "Effects of BOM mismatch on procuring material for customized product based companies .," vol. 7, no. 7, pp. 140–143, 2017.
- [11] J. N. Sikorra, A. Friedewald, and H. Lödding, "Early estimation of work contents for planning the one-of-a-kind production by the example of shipbuilding," vol. 25, 2016.
- [12] W. Mu, C. Zhou, H. Bo, and J. Liang, "A Bill of Material Transformation Method for Design-Manufacturing Integration," no. Icam, pp. 219–225, 2016.
- [13] C. Chatras and V. Giard, "High variety impacts on Bill of Materials Structure : Carmakers case study," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 48, no. 3, pp. 1067–1072, 2015.

