

# PEMBUATAN PROTOTIPE MESIN PELUBANG PCB BERBASIS KOMPUTER DAN OPTIMASI KINERJANYA MENGUNAKAN ALGORITMA NNH

Sofyan<sup>1)</sup>, Jazi Eko Istiyanto<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> STMIK Pelita Nusantara, Yogyakarta

<sup>2)</sup> Lab. Elektronika & Instrumentasi

Jurusan Fisika FMIPA

Universitas Gajah Mada

## *Abstract*

*A prototype system of a computer-based PCB (Printed-Circuit Board) piercing engine has been designed and constructed. The system utilizes the motors of otherwise unused LQ printers.*

*The performance of the system is currently measured in terms of its time in completing the task of piercing a set of holes whose X-Y coordinates are given manually or semi-automatically by clicking the mouse on the holes of a pre-scanned PCB layout image. To enhance its performance, the sequence of holes to be pierced is generated by applying the nearest-neighborhood heuristics algorithm (NNH) to the given X-Y coordinates.*

*Four methods of the sequence generation have been tested: the default (no optimization) sorter, the row-based sorter, the column-based sorter, and the NNH. It is concluded that the NNH gives the fastest piercing process.*

*The paper presents the design process, the current limitations of the implementation and possible solutions to tackle the problems.*

**Keywords :** *nearest-neighborhood heuristic, printed-circuit boards, PC-based automation.*

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan efisiensi dan kemajuan komputer, mengakibatkan munculnya peralatan baru berbasis mikrokomputer.

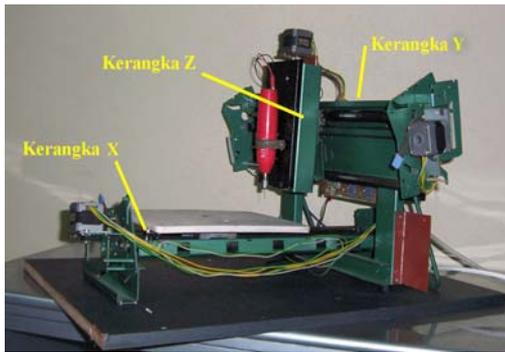
Pengendalian motor stepper menggunakan mikrokomputer merupakan salah satu contoh eksperimen antarmuka komputer. Sekalipun sederhana, pengendalian otomatis motor stepper dapat dikembangkan pada bidang yang lebih luas, misalnya untuk robot dan industri [2].

Untuk menumbuhkan ketahanan industri elektronika dibutuhkan piranti pendukung yang teknologinya terjangkau masyarakat luas. Penelitian ini berkaitan dengan pembuatan prototipe mesin pelubang PCB (*Printed Circuit Board*) berbasis komputer dan optimasi kinerjanya menggunakan algoritma NNH (*Nearest Neighbor Heuristic*). Mesin ini dimaksudkan untuk melubangi papan PCB secara otomatis. Prinsip kerja mesin ini berdasarkan pada pengendalian motor stepper dengan menggunakan PC (*Personal Computer*). Hal ini dianggap penting karena selama ini pelubangan PCB dilakukan secara manual, sehingga akan membutuhkan waktu

yang relatif lama dan hasil yang didapatkan akan kurang memuaskan. Dengan adanya prototipe mesin pelubang PCB ini diharapkan akan dapat menyelesaikan pelubangan PCB dalam jumlah yang banyak dengan bentuk yang sama, dan dalam waktu yang lebih singkat, serta dapat menutupi kekurangan pada proses pelubangan PCB secara manual.

## 2. DESKRIPSI RANCANGAN PERANGKAT KERAS

Perangkat keras Mesin Pelubang PCB tersusun atas empat bagian utama yaitu Komputer, Antarmuka (Kartu PPI-Programmable Peripheral Interface), bagian Penguat (Elektronik) dan bagian Mekanik. Gambar 1 menunjukkan foto bagian mekanik penggerak prototipe mesin pelubang PCB yang telah dibuat.



Gambar 1. Prototipe Bagian Mekanik Penggerak Mesin Pelubang PCB

## 2.1. Mekanik Penggerak

Mekanik penggerak berfungsi untuk menggerakkan motor bor untuk menuju ke suatu titik koordinat yang telah ditentukan. Mekanik pelubang PCB mempunyai tiga bagian yang masing-masing digerakkan oleh satu motor stepper yaitu;

1. Kerangka Y, digunakan untuk menggerakkan kerangka Y ke arah kanan atau kiri.
2. Kerangka X, digunakan untuk menggerakkan bidang kerja yaitu tempat untuk meletakkan PCB yang akan dilubangi ke arah maju atau mundur.
3. Kerangka Z, digunakan untuk menggerakkan motor bor ke arah atas atau bawah.

Mekanik penggerak digunakan sebagai tempat kerja pelubangan PCB dan tempat motor stepper yang digunakan sebagai penggerak Mesin Pelubang PCB. Penguat motor stepper menghubungkan kartu Antarmuka PPI 8255 dan motor stepper. Penguatan ini perlu dilakukan karena arus yang dikeluarkan dari PPI 8255 belum mampu untuk menggerakkan motor stepper.

## 2.2. PPI 8255

PPI (Programmable Peripheral Interface) saat ini telah jarang digunakan karena umumnya computer PC memiliki motherboard PCI, bukan lagi ISA. Namun demikian penelitian ini sengaja dilakukan dengan memilih PPI sebagai sarana antarmuka piranti dengan computer PC agar computer PC lama masih dapat dimanfaatkan. Versi baru system ini, yang belum dilaporkan dalam makalah ini, memanfaatkan printer port sehingga user tidak perlu membuka kotak CPU computer.

PPI mempunyai 3 (tiga) buah port: A, B, dan C yang masing-masing 8-bit dan dapat diprogram sebagai input ataupun output. Port C mempunyai sifat khusus karena dapat dipisahkan menjadi port C atas dan port C bawah yang masing-masing 4-bit, dan dapat diprogram sendiri-sendiri. (Anonym, 1995)

Port A dipakai untuk input dan dihubungkan dengan motor X (A0..A3) dan motor Y (A4..A7). Port B (B0..B3) diprogram sebagai input dan dihubungkan dengan motor Z. B4..B7 dipakai untuk menghidupkan/mematikan motor X (B4), motor Y(B5), motor Z(B6), serta menghidupkan/mematikan motor bor (B7). Port C0..C2 dipakai untuk membatasi gerakan motor (dengan saklar pembatas): Xmin (C0), Ymin(C1), dan Zmin(C2).

## 2.3. Penguat Motor Stepper

Driver (penguat) digunakan untuk memberikan arus yang memadai sehingga dapat menggerakkan motor stepper. Setiap motor stepper memerlukan satu buah penguat dan karena mesin pelubang PCB ini menggunakan tiga buah motor stepper maka diperlukan tiga buah penguat.

## 2.4. Saklar Pembatas

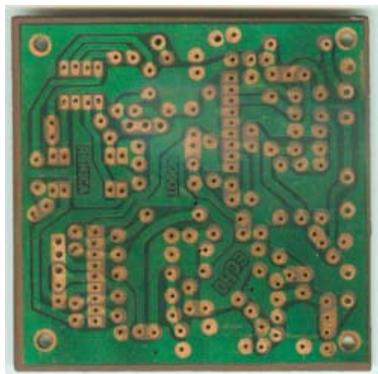
Saklar ini mempunyai tugas memberi sinyal ke kartu PPI apabila mekanik bor berada pada posisi yang telah ditentukan. Pada sistem pelubang PCB, saklar pembatas hanya diletakkan pada posisi awal untuk setiap kerangka, sedangkan posisi maksimum untuk setiap motor stepper dibatasi secara *software* dengan cara menentukan banyaknya putaran yang diperbolehkan. Dengan adanya pembatasan secara *software* tersebut, apabila pergerakan motor stepper untuk menuju suatu titik melebihi batas maksimum maka motor akan berhenti pada batas tersebut. Hal ini diperlukan karena keterbatasan bidang kerja sistem pelubang PCB.

Saklar pembatas menggunakan *microswitch* yang diletakkan pada posisi tertentu dengan harapan jika mekanis pelubang PCB mencapai posisi yang telah ditentukan maka saklar akan tertekan dan menghasilkan logika nol ataupun satu yang diperlukan sebagai masukan ke kartu PPI untuk menghentikan putaran motor stepper.

### 3. DESKRIPSI RANCANGAN PERANGKAT LUNAK

Perangkat Lunak untuk pelubang PCB selain digunakan untuk pengendalian perangkat keras seperti motor stepper dan kartu PPI juga sebagai visualisasi titik koordinat agar pengguna dapat mengoperasikan sistem dengan mudah serta akan digunakan berbagai macam metode guna didapatkan kinerja waktu yang terbaik.

User dapat memasukkan koordinat (X,Y) dari posisi yang akan dilubangi secara manual ataupun secara semi-otomatik dengan mengklik mouse pada titik-titik yang akan dilubangi dari suatu hasil pemayaran gambar layout PCB (lihat Gambar 2).



Gambar 2. Hasil pemayaran gambar PCB layout dan posisi titik yang akan dilubangi

Urutan pengeboran dapat dipilih dari 4 (empat) buah metoda : (1) metoda default: tanpa optimasi, urutan sam dengan urutan pemasukan data, (2) metoda baris:diurutkan berdasarkan jaraknya dari baris pertama pada matrix, (3) metoda kolom: diurutkan berdasarkan jaraknya dari kolom pertama matrix, dan (4) NNH.

Dapat dikatakan bahwa metoda baris dan kolom memandang jarak secara Manhattan, sedangkan pada NNH, jarak adalah Euclidean.

#### 3.1. Traveling Salesperson Problem (TSP)

TSP dapat diselesaikan dengan banyak cara. Salah satunya adalah dengan mereduksinya menjadi suatu masalah penugasan (*assignment problem*). Sebuah *tour* adalah suatu urutan kota (atau titik) yang dimulai dari kota (titik) pertama dan berakhir pada kota(titik) yang sama dan setiap

kota(titik) hanya dikunjungi sekali (kecuali yang pertama dan yang terakhir. Misalnya dikunjungi 5 titik : 1, 2, 3, 4, 5, maka contoh *tour* adalah 1, 2, 3, 4, 5, 1. Sedangkan 1, 2, 3, 1 adalah suatu contoh *sub-tour*. Suatu *sub-tour* adalah rute yang tidak melewati semua kota (titik). Sayangnya solusi masalah penugasan tidak selalu bukan *sub-tour*.

Di antara heuristics untuk TSP, NNH adalah yang paling sederhana. Heuristic adalah suatu metoda coba-coba yang terpaksa diambil ketika pendekatan algoritmik bersifat tidak praktis (Winston, 1995).

```
tour *tsp(int **A, int nrl, int nrh,
          int ncl, int nch){
    int i, bar, lastbar, count, min;
    tour *t;

    count = 1;bar = 1;
    t = gen_tour(1); count++;
    while (count <= nrh) {
        min = 1;
        for (i = 1; i <= nch; i++)
            if (A[bar][min] < A[bar][i])
                min = i;
        for (i= ncl; i <= nch; i++)
            if ((A[bar][min] > A[bar][i])
                && (A[bar][i] != 0)
                && (in_tour(t, i) != 1) )
                min = i;
        A[0][bar] = min;
        t= append_item(t, min);
        lastbar = bar;bar = min;
        count++;
    }
    t= append_item(t, 1);
    return t;
}
```

#### 3.2. Listing 1. Algoritma NNH dalam GNU C

Listing 1 melukiskan implementasi algoritma NNH dalam GNU C yang dijalankan pada SuSE Linux 9.0. Function *tsp()* bertyp pointer ke *tour* yang adalah suatu *linked-list* dengan element integer. *Linked-list tour* mewakili urutan titik yang dikunjungi salesperson.

Masukan untuk *tsp* adalah sebuah matrix (array 2 dimensi) jarak yang elemennya bertipe integer int \*\*A. Indek ncl, nch nrl, dan nrh adalah berturut-turut indeks kolom terkecil indeks kolom terbesar, indeks baris terkecil, dan indeks baris terbesar dari matrix A.

Dua buah loop tidak lain mengimplementasikan metoda sorting untuk mencari jarak terkecil.

Function *append\_item()* menambahkan sebuah item ke bagian\_ekor suatu *linked-list*. Function *in\_tour()* mengecek apakah titik yang ditinjau sudah termasuk dalam tour atau tidak, sedangkan function *gen\_tour()* membuat *linked-list* tour.

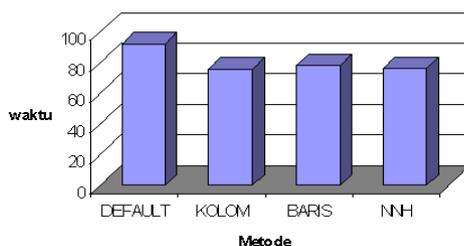
### 3.3. Adaptasi NNH

Implementasi NNH pada listing 1 mengasumsikan bahwa jarak antar titik sudah diketahui. Sistem pelubang PCB ini menerima masukan koordinat X-Y lubang sehingga perlu dihitung dahulu jarak Euclidean antar titik-titik koordinat.

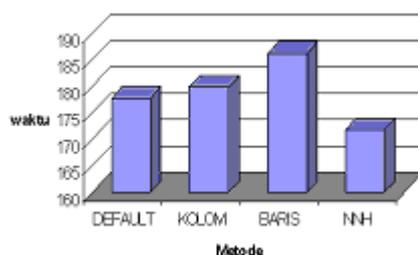
Selain itu, NNH pada listing 1 menghasilkan urutan dinyatakan dengan indeks matriks, sehingga perlu ada struktur data untuk mengasosiasikan indeks matriks dengan posisi lubang.

## 4. HASIL PENGUJIAN DAN DISKUSI

Untuk jumlah titik pengeboran yang lebih sedikit atau kurang dari 10, maka metode NNH tidak menjamin kinerja kecepatan, tetapi sebaliknya untuk jumlah titik pengeboran yang banyak dan letak titik pengeboran tidak berurutan metode NNH akan menjadi lebih cepat kinerjanya dibandingkan dengan metode berdasarkan nama titik (default), baris, maupun kolom (gambar 3 dan 4).



Gambar 3. Hasil Pengukuran Waktu untuk keempat metoda untuk cacah lubang yang sedikit



Gambar 4. Hasil Pengukuran Waktu untuk keempat metoda untuk cacah lubang yang banyak

Karena hanya menggunakan motor stepper printer, maka kinerjanya masih belum memuaskan. Saat ini, user harus mengatur posisi PCB pada papan pelubang, sehingga ada kemungkinan meleset. Bila targetnya pemanfaatan PC lama, maka tampilan berbasis Windows untuk mengklik mouse pada posisi yang akan dilubangi masih mempersyaratkan computer yang tidak terlalu lama. Sedangkan bila masukan koordinat X-Y secara manual, user juga harus mengukur dulu koordinat tersebut. Ini mengakibatkan waktunya mungkin menjadi lebih lama dibanding proses pelubangan secara manual. Tetapi untuk jumlah PCB yang banyak, prototype ini masih lebih baik dari manual.

## 5. KESIMPULAN

1. Mesin pelubang PCB berbasis komputer yang dihasilkan bisa melubangi papan PCB secara otomatis. Mesin pelubang PCB ini mempunyai 4 (empat) metode pengurutan koordinat, yaitu Urutan berdasarkan nama titik, urutan berdasarkan baris, urutan berdasarkan kolom dan urutan berdasarkan algoritma NNH.
2. Dari 4 (empat) metode yang telah diuji coba, maka menggunakan metode algoritma NNHlah yang paling cepat proses kinerjanya untuk jumlah data yang banyak.

## 6. SARAN

1. Perlunya dibuat alat peletakan PCB yang mengatur ketepatan posisi pengeboran pada sumbu X dan Y.
2. PPI 8255 harus dipasang pada slot ISA. Komputer baru tidak menggunakan ISA, tetapi PCI. PPI 8255 dapat digantikan oleh port printer dengan mode kerja EPP atau USB dengan tambahan converter serial ke paralel/paralel ke serial.
3. Algoritma NNH dapat digantikan oleh algoritma CIH (cheapest insertion heuristic) yang berbasis *linked-list* dan diketahui mempunyai kinerja yang lebih baik.
4. Motor stepper dapat diganti dengan motor servo sehingga kinerjanya lebih tinggi.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Anonym, *Microprocessor Data Handbook, 2nd Edition*, Tech Publications, Singapore, 1995.
- [2] Jones., D.W, *Basic Stepping Motor Control Circuits*, The University of Iowa, Department of Computer Science, 2001.
- [3] Winston. W.L., *Introduction to Mathematical Programming Applications and Algorithms, 2nd Edition*, Belmont California, 1995.